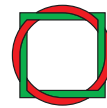


Wuppertal Institut
für Klima, Umwelt, Energie
GmbH

Sachstandsbericht über vorhandene Grundlagen und Beiträge für ein Monitoring der Bioökonomie: Systemische Betrachtung und Modellierung der Bioökonomie

**Meghan O'Brien, Dietmar Wechsler,
Stefan Bringezu und Karin Arnold**

Februar 2015



Wuppertal Institut
für Klima, Umwelt, Energie
GmbH

Impressum

Herausgeber

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH
Döppersberg 19
42103 Wuppertal

Diese Studie entstand im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, unterstützt durch das Forschungszentrum Jülich GmbH, Projektträger Jülich, im Rahmen der „Nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“.

Für den Inhalt zeichnen die Autoren verantwortlich. Die geäußerten Auffassungen stimmen nicht unbedingt mit der Meinung des Auftraggebers überein.

Autoren

Meghan O'Brien
Dr. Dr. Dietmar Wechsler
Prof. Dr. Stefan Bringezu
Karin Arnold

Stand

Februar 2015

Danksagung

Wir bedanken uns herzlich bei unseren Kollegen Sören Steger, Florian Szameitat und Silke Schütz für Ihre hilfsbereite Unterstützung bei der Fertigstellung des Berichts.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	IV
Zusammenfassung	V
1 Hintergrund und Ausgangslage: Die Bioökonomie in Deutschland.....	1
2 Notwendigkeit, Ziele und strukturelle Umsetzung eines Monitorings	3
3 Wirtschaftliche Basisdaten der Bioökonomie.....	6
3.1 Indikatoren.....	6
3.2 Daten und Datenverfügbarkeit.....	9
3.3 Wissenslücken und Forschungsbedarf.....	10
3.4 Kernbotschaften und Empfehlungen	11
4 Nachhaltigkeit und Ressourcenbasis der Bioökonomie	12
4.1 Monitoring der Ressourcennutzung.....	13
4.2 Monitoring der Auswirkungen der Ressourcennutzung.....	17
4.3 Nachhaltigkeitsbewertung der Ressourcennutzung	19
4.4 Kernbotschaften und Empfehlungen	22
5 Systemische Betrachtung und Modellierung der Bioökonomie.....	23
5.1 Modellierung der Bioökonomie: Überblick und Bewertung.....	23
5.1.1 Ökonomiemodelle.....	25
5.1.1.1 CGE Modelle.....	25
5.1.1.2 PE Modelle.....	27
5.1.1.3 Weitere Modellierungskonzepte	30
5.1.2 Umweltmodellierung.....	30
5.1.2.1 Biophysikalische Modelle	31
5.1.2.2 Landnutzungsmodelle.....	33
5.1.3 Integrated Assessment Modelle.....	35
5.1.4 Herausforderungen und Leitlinien zur Modellierung der Bioökonomie	39
5.2 Ein systemisches Konzept für das Monitoring der Bioökonomie	42
5.3 Kernbotschaften und Empfehlungen	44
6 Literatur	45
7 Anhang	50
7.1 Datenbestände und Indikatoren	50
7.1.1 Wirtschaftliche Basisdaten	50
7.1.2 Nachhaltigkeit und Ressourcenbasis.....	51
7.2 Forschungslandschaft	54
7.2.1 Einschlägige Projekte	54
7.2.2 Forschungseinrichtungen.....	78
7.2.3 Netzwerke, Cluster und Weitere Einrichtungen.....	82

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1 Monitoring-Rahmen der Bioökonomie	4
Abbildung 5.1 DPSIR Rahmenkonzept für die Bioökonomie	24
Abbildung 5.2 Rahmenkonzept für das IMAGE 3.0 Modell	36
Abbildung 5.3 Modellkopplung zwischen MIRAGE, GAEZ und LANDSHIFT im GoViLa Projekt	37
Abbildung 5.4 Integriertes Landsystemmodell	37
Abbildung 5.5 Struktur des Thünen-Modellverbundes	38
Abbildung 5.6 Modelltypen für die Modellierung der Bioökonomie im Überblick	39

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1: Indikatoren zur Erfassung der Bioökonomie; Kennzahlen für die relevanten Branchen	7
Tabelle 4.1 Bioökonomie und ihre Umweltbelastungen und Auswirkungen, sortiert nach den Ressourcenkategorien Land, Wasser, Rohstoffe, Luft/CO ₂ -Emissionen	18
Tabelle 7.1 Auswertung der Datenbestände zur Größe, Entwicklung und wirtschaftlichen Beitrag der Bioökonomie in Deutschland (Experteneinschätzungen)	50
Tabelle 7.2 Umweltbelastung und Wirkungsindikatoren bezogen auf die Bioökonomie	51
Tabelle 7.3 Datenanforderungen, -verfügbarkeit und -qualität zu Umweltwirkungsindikatoren für die Bioökonomie (Experteneinschätzungen)	52
Tabelle 7.4 Einschlägige Projekte: Wirtschaftsorientierte Projekte	54
Tabelle 7.5 Einschlägige Projekte: Nachhaltigkeit und Ressourcenbasis der Bioökonomie	60
Tabelle 7.6 Einschlägige Projekte: Modellierung der Bioökonomie	72
Tabelle 7.7 Forschungseinrichtungen	78
Tabelle 7.8 Netzwerke, Cluster und weitere Einrichtungen	82

Zusammenfassung

Dieser Bericht soll Grundlagen für die geplante Einrichtung eines kontinuierlichen Monitorings der Bioökonomie erarbeiten. Ziel ist es, eine Übersicht zu vorhandenen und fehlenden Ansätzen, Indikatoren und Daten zu erstellen, die zu einer systemischen Betrachtung und Modellierung der Bioökonomie beitragen können. Dabei wird auf das existierende Rahmenkonzept zum Bioökonomie-Monitoring des BMBF Bezug genommen und Empfehlungen für seine Weiterentwicklung werden erarbeitet.

Eine systemische Betrachtung ist aus mehreren Gründen für die Bioökonomie unabdingbar. Es geht darum, die wirtschaftlichen Basisdaten nicht isoliert zu betrachten, sondern mit dem zentralen Ziel der Bioökonomie, nämlich die Ressourcenbasis nachhaltig zu nutzen, in Beziehung zu setzen. Eine systemische Betrachtung soll auch verschiedene Skalen (von der lokalen bis zur globalen Ebene) und dynamische Änderungsprozesse (historische Trends und Zukunftsperspektiven) abbilden können. Von besonderer Relevanz ist hierbei die Beobachtung von Innovationsprozessen. Für das Monitoring müssen zudem die bestehenden Ursachen-Wirkungs-Geflechte hinreichend widerspiegelt werden. Es gilt also, die mit der Bioökonomie verbundenen komplexen wirtschaftlichen Zusammenhänge und Umweltauswirkungen im In- und Ausland zu identifizieren. Hierbei ist es auch wichtig, auf Transparenz und Übersichtlichkeit zu achten.

Der Bericht weist eine breite Auswahl von Indikatoren und Methoden mit Bezug zur Bioökonomie auf. Insbesondere sind Basisdaten und Erhebungen über die Primärsektoren wie Agrar- und Forstwirtschaft in Deutschland gut etabliert. Große Lücken bestehen dagegen in folgenden Bereichen: (a) differenzierte Darstellung der Bioökonomie, insbesondere der „neuen“, innovativen Sektoren der Bioökonomie; (b) allgemein anerkannte Indikatoren und Ziele, die eine systemische Betrachtung eines nachhaltigen Konsums ermöglichen (sowohl „Fußabdruck“-Indikatoren, um die Konsumniveaus zu erfassen, wie auch Nachhaltigkeitsziele, um die Ressourcennutzung zu bewerten); (c) Modelle, die spezifisch auf die Herausforderungen und Wirkungen der Bioökonomie abgestimmt sind. Inter- und transdisziplinäre Forschung wird benötigt, um die verschiedenen Dimensionen der Bioökonomie zusammenzuführen.

Die Empfehlungsliste am Ende dieses Berichtes (vgl. Kap 5.3) umreißt, wie ein systemisches Monitoring für die Bioökonomie aufgebaut werden kann. Hierfür stellt das DPSIR-Konzept einen geeigneten Rahmen bereit. Es ermöglicht eine strukturelle und wirkungsbezogene Zuordnung der Vielfalt der abzubildenden bioökonomischen Zusammenhänge. Darauf aufbauend sollte ein Indikatorensystem in Form eines „Dashboards“ entwickelt werden, das Schlüsselindikatoren und Ziele (insbesondere Nachhaltigkeitsziele) umfasst. Außerdem wird ein Werkzeugkasten von Methoden benötigt, der nicht nur auf spezialisierten komplexen Modellierungsansätzen aufbaut, sondern auch weitere analytische Methoden beinhaltet. Eine große Rolle spielen hierbei integrierte Analyse- und Bewertungsmodelle, die ökonomische und ökologische Zusammenhänge miteinander verbinden, sowie die Entwicklung eines übersichtlichen, indikatorbasierten und ebenfalls systemisch konzipierten Metamodells, welches die Bezugspunkte des Monitorings beschreibt und vernetzt.

1 Hintergrund und Ausgangslage: Die Bioökonomie in Deutschland

Die „Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“ definiert die Bioökonomie als „eine am natürlichen Stoffkreislauf orientierte, nachhaltige biobasierte Wirtschaft, deren vielfältiges Angebot die Welt ausreichend und gesund ernährt und uns mit hochwertigen Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen versorgt“ (BMBF 2010, S. 2). Die Bioökonomie wird als eine große Chance für das 21. Jahrhundert gesehen. Laut der „Politikstrategie Bioökonomie“ soll die wissensbasierte Bioökonomie einen wichtigen Beitrag zur Lösung großer gesellschaftlicher Herausforderungen, wie einer ausreichenden und gesunden Ernährung der wachsenden Weltbevölkerung, dem Klimawandel sowie dem Verlust an Bodenfruchtbarkeit und Biodiversität, leisten. Zudem soll sie „den Wandel von einer überwiegend auf fossilen Rohstoffen basierenden Wirtschaft zu einer auf erneuerbaren Ressourcen beruhenden rohstoffeffizienten Wirtschaft vorantreiben“ (BMEL 2013, S. 8).

Der Bioökonomierat definiert Bioökonomie als „die wissensbasierte Erzeugung und Nutzung biologischer Ressourcen, um Produkte, Verfahren und Dienstleistungen in allen wirtschaftlichen Sektoren im Rahmen eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems bereitzustellen“ (BMEL und BMBF 2014, S. 5). Darin spiegelt sich die Abkehr von der ursprünglichen Vorstellung der massenhaften Substitution mineralischer Rohstoffe durch biotische Rohstoffe, die das Risiko zunehmender ökologisch-sozialer Problemverlagerungen birgt, hin zum Verständnis eines intelligenten, innovativen und effizienten Einsatzes von biobasierten Rohstoffen, Materialien und Technologien im Kontext der gesamten Wirtschaft und ihrer internationalen Verflechtungen.

Auf europäischer Ebene wird die Bioökonomie als Schlüsselstrategie gesehen, um die Ziele der Leitinitiativen „Innovationsunion“ und „Ressourcenschonendes Europa“ zu erreichen. Laut der „Europäischen Bioökonomie Strategie“ birgt die Schaffung einer Bioökonomie in Europa ein großes Potenzial: „Sie kann Wirtschaftswachstum und Arbeitsplätze im ländlichen Raum, in Küstenregionen und Industriegebieten erhalten bzw. schaffen, die Abhängigkeit von fossilen Kraftstoffen reduzieren und die wirtschaftliche und ökologische Nachhaltigkeit der Primärproduktion (Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Fischerei und Aquakultur) und der verarbeitenden Industrien verbessern“ (EK 2012, S. 2).

In Deutschland sollen die Ziele der „Politikstrategie Bioökonomie“ durch strategische Ansätze und operationale Maßnahmen umgesetzt werden. Die Politikstrategie ordnet diese Ziele fünf thematischen Handlungsfeldern zu:

- **Nachhaltige Erzeugung und Bereitstellung nachwachsender Ressourcen** – Die nachhaltige Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Flächen, der Wälder, Gewässer und Meere sowie eine nachhaltige Steigerung der Ernteerträge zu ermöglichen.
- **Wachstumsmärkte, innovative Technologien und Produkte** – Die Potenziale aussichtsreicher Technologien, Produkte und Märkte auf Basis nachwachsender Ressourcen durch Forschung und Innovationen zu erschließen und innovative Produkte und Verfahren schneller zur Anwendungsreife zu bringen.
- **Prozesse und Wertschöpfungsnetze** – Durch intelligent verknüpfte Wertschöpfungsketten den Verbrauch und die Inanspruchnahme, sowohl der nachwachsenden, als auch

der nicht regenerierbaren Ressourcen weiter zu reduzieren, insbesondere durch eine effizientere Ausnutzung des Biomassepotenzials mittels Kaskaden, Koppelnutzung und Bioraffinerien.

- **Konkurrenz der Flächennutzungen** – Die Ernährung vorrangig zu sichern sowie die Anforderungen des Umwelt-, Klima-, Boden- und Naturschutzes zu berücksichtigen. Es gibt Bedarf, einheitliche Bewertungsmaßstäbe für die Beurteilung der verschiedenen Nutzungspfade festzulegen.
- **Internationaler Kontext** – eine Balance zwischen den konkurrierenden landwirtschaftlichen Flächennutzungen für die vorrangige Ernährungssicherung und den Einsatz von Biomasse für Industrie und Energie zu finden, sowie ökologische und soziale Anforderungen zu gewährleisten.

Hinsichtlich dieses Bündels an Zielen sehen sowohl der Bioökonomierat der Bundesregierung, als auch die Interministerielle Arbeitsgruppe zur Bioökonomie die Notwendigkeit, ein übergreifendes Monitoring zu etablieren. Ziel ist es, eine Gesamtschau der Bioökonomie auf dem Weg hin zu einer künftig nachhaltigen Bioökonomie zu erhalten. Es soll möglich sein, Wechselwirkungen und Zielkonflikte zu erkennen und zu lösen.

In seinem Bericht „Wegweiser Bioökonomie“ schreibt das BMBF: „Wir wollen in Deutschland Kompetenzen für eine systemische Betrachtung der Bioökonomie aufbauen, die Natur- und Technikwissenschaften mit Erkenntnissen aus den Sozial- und Wirtschaftswissenschaften verknüpft. Die Ergebnisse sollen in eine kohärente Bioökonomie-Politik einfließen.“ (BMBF 2014, S. 2). Dieser Bericht unterstützt dieses Ziel mit einer ersten Sammlung von verfügbaren Daten und Empfehlungen über die benötigten Wissensgrundlagen, um eine systemische Betrachtung der Bioökonomie im Kontext globaler Trends und des gesellschaftlichen Wandels zu ermöglichen.

Ziel ist es, einen Sachstandsbericht über die Informationsgrundlage für die geplante Einrichtung eines kontinuierlichen Monitorings der Bioökonomie zu erstellen. Er soll eine allgemeine Übersicht über vorhandene Ansätze und deren mögliche Beiträge zu einer systematischen Betrachtung und Modellierung der Bioökonomie bieten.

Wir fassen die folgenden fünf Fragen als besonders wichtig für diesen Bericht auf:

- Welche Aspekte werden für eine Gesamtschau der Transformation hin zu einer nachhaltigen biobasierten Wirtschaft als notwendig angesehen ?
- Welche Kriterien und Indikatoren werden angewandt, um alle relevanten Dimensionen der Bioökonomie (entlang der fünf thematischen Handlungsfelder) messbar zu machen?
- Welche methodischen Ansätze stehen zur Verfügung, um Hemmnisse, Zielkonflikte, Wechselwirkungen und systemische Effekte zu identifizieren?
- Welche laufenden Forschungs- oder Monitoringprojekte sowie Arbeiten einschlägiger Institutionen sind zu berücksichtigen?
- Welche Ansätze, Datenbestände und Indikatoren sind bereits handhabbar, was sind die zu füllenden Lücken und welche Vorschläge gibt es, um diese Lücken zu füllen?

2 Notwendigkeit, Ziele und strukturelle Umsetzung eines Monitorings

Einerseits wird die Bioökonomie als eine Chance angesehen, um Wirtschaftswachstum mit Natur- und Umweltschutz in Einklang zu bringen. Andererseits gibt es große Bedenken seitens von Umwelt- und sozialen Verbänden, dass eine wachsenden Bioökonomie in Deutschland zu einer Verlagerung von Problemen ins Ausland führen könnte.

Aus diesem Grund schlägt das Arbeitspapier „Etablierung eines Bioökonomie-Monitorings“ ein Monitoring Framework vor, welches sich an drei Strängen orientiert: wirtschaftliche Basisdaten, systemische Betrachtung, Nachhaltigkeit und Ressourcenbasis. Beim BMBF Monitoring Workshop (31.7.2014) gab es einen breiten Konsens über die allgemeine Struktur dieses Monitoring Frameworks. Die drei Stränge werden in Box 1 erläutert:

Box 1 Drei Stränge des vorgeschlagenen Bioökonomie-Monitorings

Strang 1: Wirtschaftliche Basisdaten – Systematisiert wirtschaftliche Basisdaten und entwickelt eine Differenzierung zwischen konventionellen und bioökonomischen Wertschöpfungsketten. Auf dieser Basis lassen sich die besonderen Wertschöpfungspotenziale einer Bioökonomie identifizieren.

Strang 3: Nachhaltigkeit und Ressourcenbasis – Befasst sich mit der Ressourcenbasis. Dabei geht es um eine Beurteilung der Ressourceneffizienz und der Nachhaltigkeit, und zwar mit Blick auf gesamte Herstellungs- und Nutzungspfade sowie auf ökologische Gesamtfolgen.

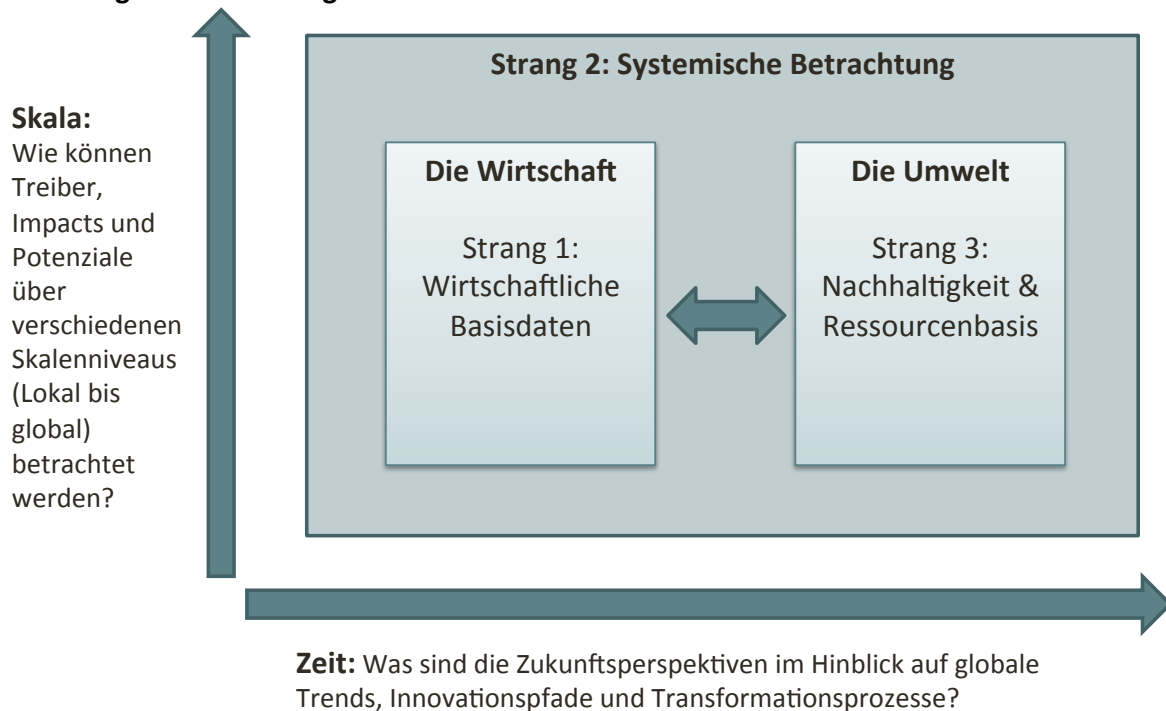
Strang 2: Systemische Betrachtung – Führt die Daten der Stränge 1 und 3 zusammen und modelliert Wechselwirkungen und systemische Effekte, um dem systemischen Ansatz der Bioökonomie und der Verflechtung ökonomischer, technologischer, ökologischer und gesellschaftlicher Aspekte, bis hin zur globalen Ebene, gerecht zu werden. Zu prüfen wäre auch die Entwicklung einer Art übergreifender Kennzahl (Bioeconomy Impact Factor).

Quelle: Text direkt aus dem Arbeitspapier zur „Etablierung eines Bioökonomie-Monitorings“

Strang 1 konzentriert sich dabei im weiteren Sinne auf die wirtschaftlichen und sozio-ökonomischen Auswirkungen der biobasierten Produktionsmöglichkeiten. Strang 3 dagegen auf die Umwelt und Ökosystemleistungen und wie eine nachhaltigere Nutzung von biotischen Ressourcen über ihrem gesamten Lebensweg aussehen könnte. Die systemische Betrachtung (Strang 2) verbindet beide Stränge und hilft, die Wechselbeziehung zwischen den Grenzen und Potenzialen sowie deren gegenseitige Beeinflussung, besser zu verstehen. Zum Beispiel beschränken die planetaren Grenzen, wie die der Landnutzungsänderung (Röckstrom et al. 2009, UNEP 2014, Steffen et al. 2015), die Verfügbarkeit von Anbauflächen und Waldgebieten für die nachhaltige Herstellung von „non-food“ Biomasse, während der Markt die Nachfrage für unterschiedliche Arten und Formen von Biomasse vorantreibt. Eine

zusätzliche Herausforderung ist die systemische Betrachtung, sowohl zur Berücksichtigung zukünftiger Auswirkungen und Potenziale als auch der unterschiedlichen Maßstäbe (von der lokalen bis zur globalen Ebene). Die zu erforschenden Kernfragen sind in Abb. 2.1 dargestellt. Folglich wird ein Monitoring gebraucht, nicht nur um die derzeitigen Auswirkungen besser zu verstehen, sondern auch um zu überwachen, ob sich die Entwicklung „auf dem richtigen Weg“ (bzw. innerhalb der „Leitplanken“ (WBGU 2014)) befindet.

Abbildung 2.1 Monitoring-Rahmen der Bioökonomie



Es gibt eine große Zahl an möglichen Monitoring-Werkzeugen, verbunden mit einer noch größeren Zahl an verfügbaren Indikatoren, innerhalb dieses breiten Rahmenkonzeptes. Die Herausforderung ist es, geeignete Indikatoren zur Beantwortung spezifischer, politischer Fragen zu identifizieren (die sich mit der Zeit auch ändern können). Das Protokoll des BMBF Monitoring-Workshops fasst dieses Dilemma so zusammen: „Man sollte sich auf relevante Parameter und Indikatoren beschränken und das Monitoring nicht überfrachten. Zugleich muss aber ein Tunnelblick dynamisch vermieden und stattdessen gewährleistet werden, dass sich das Monitoring dynamisch weiterentwickeln kann und in einem kontinuierlichen Austausch mit der Forschung steht. Es muss als lernendes Monitoring in der Lage sein, sich auf die in einer offenen Entwicklung befindliche Bioökonomie einzustellen“.

Aus diesem Grund liegt der Fokus dieses Berichts sowohl auf der Frage, was bei einer umfassenden systemischen Betrachtung berücksichtigt werden soll, als auch auf der Frage, welche Methoden und Indikatoren bereits verfügbar und auch praktisch anwendbar sind. Ziel ist es insbesondere Lücken zu erkennen, die bei der zukünftigen Forschung unmittelbar adressiert werden sollten. Wir betrachten das oben vorgestellte Rahmenkonzept als eine allumfassende Sichtweise, um ein Monitoring-System zu entwickeln, das im Laufe der Zeit weiter ergänzt werden kann.

Entscheidend für ein anpassungsfähiges Monitoringkonzept ist die Verwendung eines Indikatorensatzes, der die relevanten Bezugsgrößen auf verschiedenen Skalen erfasst und flexibel auf aktuelle Schwerpunktsetzungen und Problemlagen eingestellt werden kann. Ein pyramidenförmig aufgebautes Monitoring-System würde beispielsweise zuoberst die Hauptindikatoren enthalten, gestützt von spezifischeren, thematischen Indikatoren aus verschiedenen Bereichen. Die Hauptindikatoren stellen die allumfassende Entwicklung in Bezug auf die entscheidenden Ziele dar, während die darunter liegenden Indikatoren mehr auf spezifischere Themen eingehen. Eine integrativere systembezogene Betrachtung wird durch die Darstellung des Indikatorensatzes in Form einer Instrumententafel erreicht, ein Ansatz der mittlerweile in vielen Analysen und Berichten mit dem Anglizismus „Dashboard“ bezeichnet wird. Ein „Dashboard“ ist ein Monitoring-Werkzeug, bestehend aus einem begrenzten Set von Indikatoren, die gemeinsam präsentiert werden, um einen schnellen Überblick über entscheidende Trends zu gewährleisten. Es wird benutzt, wenn ein zusammengesetzter Index ungeeignet ist, da durch die Aggregation zu viele wesentliche Informationen verloren gehen. Allerdings muß darauf geachtet werden, dass die Darstellung der Indikatoren nicht zu komplex wird. Dieser Bericht spricht sich dafür aus, ein „Dashboard“ aus Hauptindikatoren als Bezugsgrundlage für ein systemisches Monitoring zu erstellen.

Zusammengefasst beinhalten die Schlüsselkriterien eines allumfassenden Monitoring-Systems folgende Aspekte:

- Übersichthafte und systematische Darstellung der Performance mit Schlüsselindikatoren, welche die Ursachen-Wirkungs-Geflechte hinreichend genau widerspiegeln und wesentliche Trends zusammenfassen (z.B. mit Hilfe des DPSIR-Rahmenkonzepts).
- Aufzeigen der Beiträge der Bioökonomie zum Erreichen von Nachhaltigkeitszielen (national, europäische und international: insbesondere wird künftig auf eine konsistente Umsetzung dieser „Sustainability Development Goals“ (SDGs) zu achten sein).
- Monitoring der Performance im Mehr-Ebenen-System: welche Fortschritte gibt es bei der Umsetzung von ökologischen und sozio-ökonomischen Standards bzw. Qualitätsanforderungen von der lokalen, sektoralen, regionalen bis nationalen und europäischen Ebene?
- Aufzeigen von Synergien, möglichen Konflikten und gesamtwirtschaftlichen Folgen der Wechselwirkung mit vorwiegend abiotisch basierten Wirtschaftsbereichen (z. B. durch Substitutionseffekte) und mit anderen Regionen (z. B. durch Produktionsverlagerungen).
- Lernfähiges Monitoring-System: Fähigkeit neue politische Rahmenbedingungen mit einzubeziehen, Datenlücken zu füllen, neue Indikatoren zu entwickeln.

3 Wirtschaftliche Basisdaten der Bioökonomie

In Strang 1 werden die wirtschaftlichen Basisdaten der Bioökonomie aufgearbeitet. Die forschungs- und strategierelevanten Fragen, die es dazu zu bearbeiten gilt, sind folgende:

- Wie groß ist die Bioökonomie sowie ihre Branchen und Sektoren in Deutschland?
- Wie schnell wächst die Bioökonomie und welche Branchen und Sektoren wachsen am schnellsten?
- In welchem Umfang trägt die Bioökonomie zu Wirtschaftswachstum, Arbeitsplätzen und Wettbewerbsfähigkeit bei?
- Wie ist die deutsche Performance im Vergleich zu anderen Ländern?
- Was sind die wesentlichen Treiber und Hemmnisse bei der Bioökonomie-Entwicklung?
- Wie effizient und produktiv wird Biomasse genutzt, und wie kann die Nutzungseffizienz bzw. Ressourcenproduktivität gesteigert werden?

Das Kapitel gibt dazu einen Überblick über die Indikatoren, die Datenverfügbarkeit sowie Forschungsbedarfe, die notwendig sind, um diese Fragen zu beantworten und das Monitoring für die gesamtwirtschaftliche Transition zu einer Bioökonomie zu ermöglichen.

3.1 Indikatoren

Zunächst sollte festgehalten werden, dass die anstehende Transformation zu einer nachhaltigen Bioökonomie sich auf zwei Hauptebenen abspielt: Zum einen soll mit Hilfe der Bioökonomie eine Transformation der heutigen Wirtschaft zu einer „low-carbon“, ressourcen- und energieeffizienten Wirtschaftsform erreicht werden. Zum anderen geht es innerhalb der Bioökonomie für die biomassebasierten Industrien darum, die begrenzt verfügbaren Ressourcen auf die effizienteste Weise zu nutzen, indem verstärkt auf Kaskadennutzung sowie auf die stoffliche Nutzung von Biomasse fokussiert wird.

Auf beiden Transformations-Ebenen wird es zu Verschiebungen zwischen den heute am Markt etablierten Akteuren und neuen, innovativen Verfahren und Branchen kommen. Um den Netto-Effekt abzubilden und das tatsächliche Wachstum der Bioökonomie und ihren Beitrag zur Wirtschaft in Deutschland zu erfassen, ist ein detailliertes Monitoring der Wirtschaftsbereiche notwendig.

Dazu müssen die relevanten Branchen möglichst gut beschrieben und von eventuell benachbarten Bereichen abgegrenzt werden. In der Definition nach BMEL und BMBF (2014) gehören die Automobilbranche, Bau, Chemie, Energie, Land- und Forstwirtschaft, Maschinenbau, Ernährungsindustrie, Pharma, Konsumgüter und Textilien zu den relevanten und zu betrachtenden Sektoren.

Einen Überblick über die wirtschaftlichen Basisdaten, die zu diesem Zweck erhoben und ausgewertet werden müssen, gibt Tabelle 3.1.

Tabelle 3.1: Indikatoren zur Erfassung der Bioökonomie; Kennzahlen für die relevanten Branchen

Gesamtumsatz der einzelnen Branchen	Umsatz gesamt in Mio €
	Umsatz nach Branchen in Mio €
	Anzahl der Unternehmen je Branche
	Inlandsumsatz in Mio €
	Export in Mio €
	Branche wachsend oder schrumpfend?
	Umsatz basierend auf Produkten der Bioökonomie
	Anteil wachsend oder schrumpfend?
Beitrag der Bioökonomie zum Bruttoinlandsprodukt	Gesamter Beitrag
	Beitrag wachsend oder schrumpfend?
	Nach Branchen
	Beitrag wachsend oder schrumpfend?
Arbeitsplätze in der Bioökonomie	Arbeitsplätze in D
	Arbeitsplätze im Ausland
	Qualifikation der Arbeit
Innovationspotenzial der Branche	F& E Einrichtungen, innerhalb der Unternehmen
	F& E Ausgaben der Unternehmen
	F& E Einrichtungen, ausserhalb von Unternehmen
Produktion und Verbrauch	Menge an Biomasse-Rohstoffen
	Menge an Biomasse- Zwischenprodukten
	Menge an Bio-Endprodukten
Wertschöpfung	Preise von Biomasse-Rohstoffen
	Preise von Bio-Zwischenprodukten
	Preise von Bio-Endprodukten
Handelsbilanz: Import / Export	Biomasse-Rohstoffe
	Biomasse- Zwischenprodukt
	Bio-Endprodukte

Innerhalb der zweiten Ebene als auch im übergreifenden Kontext der Bioökonomie muss das Aufkommen neuer biobasierter Industriezweige (etwa Biotechnologien und Bioraffinerien) und Märkte für biobasierte Produkte, erfasst und untersucht werden.

Diese hoch innovativen Märkte mit hohem Wachstumspotenzial zeichnen sich durch weniger gut verfügbare bzw. transparente Indikatoren aus. Die Erfassung der neuen Sub-Sektoren von derzeit bereits bestehenden Industrien bzw. neu entstehenden Branchen geschieht durch zusätzlich zu den in Tabelle 3.1 angelegten Indikatoren. Dabei kann etwa der jeweilige Anteil der Branche an der Bioökonomie im Ganzen erfasst werden, also etwa:

- Anteil der Industrie an der Bioökonomie (beispielsweise Anteil der chemischen Industrie)
- Anteil der Biokraftstoff-Industrie an der Bioökonomie
- Gebrauch und Entwicklung von Biotechnologien
- Entwicklung von fortschrittlichen Bioraffinerien; Anteil an der Energie- und Materialbereitstellung
- Verwendung der unterschiedlichen Biomasse-Rohstoffe nach verarbeitender Industrie sowie Endnutzung.

Insbesondere der letzte Punkt ist wesentlich, um die Transformation von der bereits bestehenden biomasseverarbeitenden Industrie zu einer wissensbasierten und innovativen Bioökonomie zu erfassen. Das ist darin begründet, dass ein Umlenken der bestehenden Stoffströme zu innovativen Nutzungsrouten wie etwa Bioraffinerien oder Kaskadennutzung auch ohne die Mobilisierung von zusätzlichen Ressourcen einen hohen Effekt auf das Wachstum der Bioökonomie haben kann. In diesem Sinne sollte das Potenzial für eine höhere Nutzungseffizienz sowohl gefördert (etwa durch Forschungsprojekte und Innovationsförderung), als auch durch Monitoring überwacht werden, um die Effekte sichtbar zu machen und die politische Steuerung zu unterstützen.

Das Erfassen der ökonomischen Effekte durch Innovationen kann schwierig sein, da die notwendigen Investitionen und resultierenden Erlöse zeitlich nicht zusammenfallen. Aus diesem Grund sollten Indikatoren zum Teil auf die Treiber von Innovationen fokussieren, also etwa auf Investitionen in Forschung und Entwicklung. Diese Art von Indikatoren ist geeignet, um die deutsche Performance bei der Entwicklung einer Bioökonomie mit der anderer Länder zu vergleichen und kann ebenso verwendet werden, um die verschiedenen Sektoren innerhalb Deutschlands einander gegenüberzustellen. Das Gleiche gilt für Indikatoren, die auf Strategien zum Anreiz einer biobasierten Ökonomie fokussieren.

Das Wissen um Hemmnisse und Treiber von innovativen Prozessen innerhalb der Bioökonomie hilft Entscheidungsträgern, die Märkte in Richtung einer nachhaltigen Wirtschaft zu entwickeln (beispielsweise: welche Formen von Markt- oder Systemversagen können die Entwicklung einer innovativen Bioökonomie be- oder verhindern und welche Möglichkeiten hat die Politik, dem entgegen zu steuern?)

Dieses Wissen wird nicht notwendigerweise in den wirtschaftlichen Indikatoren reflektiert, kann aber durch Instrumente wie Umfragen unter Marktakteuren aus den verschiedenen Branchen der Bioökonomie generiert werden. Die relevanten Indikatoren können dann abgeleitet werden, indem die wesentlichen Hemmnisse und Treiber analysiert werden, einschließlich der Anteile der Akteure, die diese als besonders hoch oder niedrig einschätzen. So ist zum Beispiel die Zielvorgabe für die energetische Biomassenutzung ein relevanter Treiber in diesem Bereich, aber ein wesentliches Hemmnis für die stoffliche Nutzung. Derartige Umfragen (auch „Branchenbarometer¹“ und ähnliches) sind Ansätze, die

¹ Bekannt etwa aus der Biomethanbranche und dort halbjährlich von der Dena bereitgestellt unter www.biogaspartner.de

Aktivitäten aus den Branchen vor Ort zu verstehen. Sie sollten ein wesentliches Element des Monitorings der Bioökonomie sein.

3.2 Daten und Datenverfügbarkeit

Die allgemeinen Kennzahlen zu den Industriesektoren wie Umsatz, Anzahl der Unternehmen, Gesamt-Arbeitsplätze etc. sind in der Regel in guter Qualität verfügbar. Das statistische Bundesamt erhebt regelmäßig Konjunkturindikatoren (darunter Außenhandelsbilanzen, Bruttoinlandsprodukt) sowie Konjunktur- und Strukturdaten für die Industrie und verarbeitendes Gewerbe (einschließlich Land- und Forstwirtschaft) und stellt diese online zur Verfügung.

Trotzdem verbleiben Herausforderungen sowohl bei der Datenerfassung als auch bei der Qualität und Verfügbarkeit der Daten. Diese liegen für die Indikatoren aus Tabelle 3.1 vor allem darin, dass **die Qualität und Verfügbarkeit von Daten geringer ist, je weniger aggregiert das Level ist**, auf dem sie benötigt werden. Deutlich wird das am Beispiel der Arbeitsplatzzahlen. Diese werden in der Regel in Vollzeitäquivalenten erfasst und angegeben. Dabei wird typischerweise nicht zwischen unterschiedlichen Qualifizierungsstufen unterschieden, was aber als wichtiger Indikator für die Fortschrittlichkeit einer Branche erachtet wird. Die Herausforderung, adäquate Daten zu erhalten, ist umso größer, je innovativer und „neuer“ der Sektor der Bioökonomie ist, weil die Datenerfassung dort noch nicht als etabliert angesehen werden kann.

Für die zusätzlich gelisteten Indikatoren auf der zweiten Ebene der Transformation sind zudem folgende Herausforderungen zu beachten:

- Die **Abgrenzung zwischen den Branchen der „neuen und innovativen Bioökonomie“ und der „konventionellen Industrie“** ist eine Herausforderung, da es bislang keine eindeutige Klassifizierung gibt (abgesehen von Eingruppierungen wie „Leitmärkte“), die hilfreich sein können. Daher muss der Anteil an Biomassenutzung in Sektoren wie Chemie, Bauwesen etc. bestimmt werden, um die Transformation zur Bioökonomie in den jeweiligen Branchen nachzuvollziehen. Allerdings sind diese Daten schwer zu beschaffen; dies kann über den Weg der Umfragen und „Stimmungsbilder“ aus den Branchen geschehen. Indikatoren zur Unterstützung von Innovation, also Ausgaben für F&E, Investitionen etc.) oder über Innovationsaktivitäten wie Patente können ein Weg sein, die Entwicklungen in den verschiedenen Sektoren untereinander vergleichbar zu machen. Dies erfordert allerdings intensive Datenerfassung, -organisation und -analyse.
- Ein weiteres Beispiel für die **geringere Datenqualität auf weniger aggregiertem Level** betrifft das Berichtswesen über den Einsatz von Biomasse in den verschiedenen Industriezweigen. So wird etwa der gesamte Holzverbrauch erfasst, aber der Einsatz von Holz zu energetischen Zwecken (und noch weiter aufgeschlüsselt etwa für den Gebrauch in privaten Haushalten) ist schwieriger zu bewerten. In vielen Fällen wird dieser aus Länder-Reports und Studien abgeschätzt. Es besteht erheblicher Forschungsbedarf, um die Datenerfassung weiter zu entwickeln; möglicherweise auch auf der Basis von innovativeren Methoden wie Crowdsourcing.

- Die Verfügbarkeit von **Daten für die energetische Nutzung ist erheblich höher als für die stoffliche Nutzung**. Dies ist in den Zielvorgaben der EU für den Ausbau der erneuerbaren Energien begründet und der daraus resultierenden Notwendigkeit, den Wechsel zu Biokraftstoffen und Bioenergie und dessen Effekte nachzuvollziehen. Zu Effekten des stofflichen Einsatzes von Biomasse gibt es ebenfalls Forschung (etwa Weiss et al. 2012, Carus et al. 2011), aber in geringerem Maße.
- Daten über den biogenen Anteil von Handelsgütern **sind umso schwieriger zu bewerten, je mehr Prozessstufen zu betrachten sind**. Als Beispiel dient die Menge von Holz im Mobiliar: in Möbeln, die etwa in China gefertigt werden, kann durchaus Holzrohstoff aus Russland verbaut werden. Zwar sind Umwandlungswerte verfügbar (wie etwa für Zellstoff oder Holzwerkstoffe), diese basieren aber auf globalen Abschätzungen und sind von eher minderer Qualität und zudem nicht nach Regionen differenziert. So arbeiten z.B. Sägemühlen weltweit mit unterschiedlichen Effizienzen.
- **Die bisher existierenden Datenbanken unterscheiden nicht zwischen dem biogenen und nicht-biogenen Material des Endproduktes**. Daten, die direkt vom Hersteller bzw. Marktakteur bezogen werden können, sind oft die verlässlichsten, aber auch am schwierigsten zu beschaffen (Goh et al. 2013). Eine weitere Herausforderung ist die mangelnde Transparenz von Biomasse-Wertschöpfungsketten (siehe Goh et al. 2013).

Die genannten Herausforderungen gelten nicht nur für das Monitoring der Bioökonomie in Deutschland, sondern auch in anderen Ländern und auf EU Ebene. Daher sollte ein zukünftiges Forschungsprojekt zum deutschen Bioökonomie-Monitoring Synergien mit ähnlichen Vorhaben in der EU suchen. So ist beispielsweise die Entwicklung von Datenerfassungs-Prozeduren eines der zentralen Ziele des Bioeconomy Observatory im Rahmen des JRC der Europäischen Kommission. Die Niederlande sind dabei, ein detailliertes Protokoll zum Monitoring der Bioökonomie zu entwickeln (Meesters und Van Dam 2013).

Zusammenfassend findet sich im Anhang eine Tabelle, die basierend auf Experteneinschätzungen die Qualität und Verfügbarkeit von Daten für die Messung der Entwicklung einer Bioökonomie auf europäischer Ebene bewertet. Diese ist im SAT-BBE Projekt erarbeitet worden (siehe Tab. 7.1). Sie gilt als relevant auch für den deutschen Kontext und gibt einen schnellen Überblick über Datenlücken und Datenbedarf. Eine ähnliche Aktivität sollte im Rahmen eines Monitorings der Bioökonomie als erster Schritt durchgeführt werden.

3.3 Wissenslücken und Forschungsbedarf

Mit der Transformation der bisherigen biomassebasierten Industrie zu einer nachhaltigen Bioökonomie ist zwingend die Einführung von neuen Technologien und Prozessen verbunden. Unter diesen werden unterschiedliche Verfahren zur gekoppelten Nutzung von Biomasse (stofflich und energetisch) eine hohe Bedeutung haben; zu nennen sind insbesondere Bioraffinerien und die Kaskadennutzung von Biomasse.

Während Bioraffinerien bereits in unterschiedlichen Ausrichtungen in Betrieb sind (siehe auch die Projekte im Anhang), sind mit der **Kaskadennutzung von Biomasse** noch

wesentliche Wissenslücken verbunden. Das Begriff beschreibt die sequentielle Nutzung von Biomasse für diverse stoffliche Anwendungen, bevor der Rohstoff am Ende der stofflichen Lebensdauer noch energetisch umgesetzt wird (Dornburg and Faaij 2005, Arnold et al. 2009, Essel and Carus 2014, Keegan et al. 2013).

Gegenwärtig liegen nur in begrenztem Umfang Daten darüber vor, welche, wie viele und wie große Ressourcenströme über die einzelnen Prozessstufen einer Kaskade (oder Biomassen-Prozesskette) tatsächlich genutzt werden können. Dem **Recycling (sowohl Produkt- als auch Materialrecycling) von Biomasse** kommt dabei eine hohe Bedeutung zu; dieser Indikator muss daher weiter entwickelt werden. Ohne valide Daten über die Biomasse-Ressourcen und Stoffströme, die in den einzelnen Industriezweigen genutzt werden, und über deren Herkunftsnachweise und Wiederverwertung ist die Überwachung eines sich entwickelnden Kaskadensystems schwierig.

Weiterer Forschungsbedarf besteht außerdem zu den Effekten der Kaskadennutzung, z.B. vermiedene Treibhausgase, die Verringerung von Nutzungskonkurrenzen zwischen Biomasse-Nutzungspfaden, die Verringerung von Druck auf die Bereitstellung natürlicher Ressourcen (wie Land, Wasser, etc.).

Ungeklärt ist zudem, welche biogenen Ressourcen und Nutzungsrouten das höchste Potenzial bzw. die höchste Bedeutung für die diversen Ziele (Wertschöpfung, Ressourcenschonung, Klimaschutz, etc) haben und wie demzufolge die Priorisierung der Nutzungen aussehen sollte. Daraus leitet sich ab, welche strukturelle und Verhaltensänderung angestoßen und gefördert werden sollte.

3.4 Kernbotschaften und Empfehlungen

- Im Strang 1 „wirtschaftliche Basisdaten“ geht es darum, die gesamtwirtschaftlichen Netto-Effekte (Umsatz, Arbeitsplätze, Wertschöpfung, Wettbewerbsfähigkeit, etc.) durch den Aufbau und Ausbau einer Bioökonomie in Deutschland messbar zu machen.
- Ein systemisches Monitoring kann wesentlich dazu beitragen, dass diese Netto-Effekte positiv ausfallen, auch wenn es durch das Umlenken der Stoffströme von der bisherigen Nutzung (etwa Biodiesel etc.) zur innovativen und nachhaltigen Bioökonomie mit Kaskaden, Bioraffinerien, gekoppelter stofflichen und energetischen Nutzung zu Einschnitten in den bisherigen Branchen kommen wird.
- Grundlegende und übergreifende Daten über die ökonomische Performance sind in Deutschland etabliert und für den „konventionellen“ Sektor der bisher biomasseverarbeitenden Industrie verfügbar; die Herausforderung besteht darin, die neuen und innovativen Sektoren und Märkte der Bioökonomie zu evaluieren. Erfahrungen bezüglich Innovations-Indikatoren und Indizes können helfen, ein detailliertes Monitoring von ökonomischen Prozessen innerhalb der Bioökonomie zu etablieren.
- Ein tiefes Wissen und Verständnis der Aktivitäten und Motivationen der Marktakteure gehört zu einem umfassenden Monitoring. Dies beinhaltet etwa eine systematische Evaluation laufender Forschungsprojekte und Umfragen oder ähnliche Instrumente

unter den Schlüsselakteuren (etwa Unternehmen und Forschungseinrichtungen), um insbesondere Treiber und Hemmnisse besser zu verstehen. Dieses Wissen kann genutzt werden, um zielgerichtete Forschung und Innovationsförderung sowie passende Politik- und Strategieinstrumente zu entwickeln.

- Synergien zwischen den Monitorings- und Forschungsaktivitäten zur Bioökonomie in anderen Ländern sowie auf EU-Ebene sollten genutzt werden.
- Zu Monitoring und Analyse „konventioneller“ Nutzungspfade von Biomasse kommt hoher Forschungsbedarf bzgl. neuer bioökonomischer Prozesse (wie etwa der Kaskadennutzung) hinzu. Hierzu sind Potenzialanalysen, technische und ökonomische Machbarkeitsprüfungen und in der Folge LCA etc. durchzuführen.

4 Nachhaltigkeit und Ressourcenbasis der Bioökonomie

Die Schlüsselfragen zur Bewertung der Nachhaltigkeit und der Ressourcenbasis der Bioökonomie können in drei Kategorien eingeteilt werden:

Monitoring der Ressourcennutzung

- Wie hoch ist der globale Flächen-Fußabdruck der Bioökonomie?
- Wie hoch ist der globale Wasser-Fußabdruck der Bioökonomie?
- Welchen Selbstversorgungsgrad weist die deutsche Bioökonomie auf (als Anteil der Biomasse, die innerhalb Deutschlands produziert wird)?
- Wie hoch ist die Importabhängigkeit der deutschen Bioökonomie (für welche Pflanzen, wichtigste Importländer und aktuelle Trends)?

Monitoring der Auswirkung der Ressourcennutzung

- Welche Umweltauswirkungen sind mit der Biomasseproduktion innerhalb Deutschlands verbunden?
- Was sind die Umweltauswirkungen der importierten Biomasse?
- Was sind die sozialen Auswirkungen der deutschen Bioökonomie im In- und Ausland²?

Nachhaltigkeitsbewertung der Ressourcennutzung

- Was sind die Nachhaltigkeitskriterien für die Produktion von Biomasse (z.B. ein nachhaltiges Flächenmanagement, Produktionsstandards für Landwirte, Forstwirte und Fischereibetriebe?)
- Wie viel Biomasse steht für die deutsche Bioökonomie zur Verfügung, wenn nationale und internationale Nachhaltigkeitskriterien beachtet werden soll?

² Dieser Themenbereich bedarf zusätzlicher Forschung und Untersuchungen (z.B. Gesundheitsrisiko). Spezifische Empfehlungen werden in diesem Bericht nicht formuliert, da der Schwerpunkt auf den Umweltauswirkungen liegt.

- Wie hoch ist das zukünftige nachhaltige Potenzial der zur Verfügung stehenden Biomasse für die deutsche Bioökonomie, sowohl national wie international?

Dieses Kapitel untersucht für jede der drei Kategorien die derzeit zur Verfügung stehenden Indikatoren und Ziele, Datenverfügbarkeiten, wie Datenlücken, als auch Informationsdefizite und formuliert den daraus resultierenden Forschungsbedarf.

4.1 Monitoring der Ressourcennutzung

Die Schlüsselindikatoren für ein Monitoring der Ressourcennutzung der deutschen Bioökonomie umfassen u.a. folgende Indikatoren:

- Primäre Produktion von Biomasse in Deutschland (Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Reststoffe, Fischerei und Abfälle)
- Importe von Biomasse in Deutschland (Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Fischerei, Reststoffe und Abfälle) und Exporte von landwirtschaftlichen Produkten und Rohstoffen
- Globaler Flächenbedarf für die in Deutschland konsumierte Biomasse (Globaler Flächen-Fußabdruck)
- Globaler Wasserbedarf für die in Deutschland konsumierte Biomasse (Globaler Wasser-Fußabdruck)

Die Erfassung des Umfangs und der Zusammensetzung der einheimischen **Primärproduktion** von Biomasse erfolgt in Deutschland nahezu umfassend, allerdings gibt es signifikante Datenlücken bei der statistischen Erfassung und Bewertung der Ressourcenflüsse für die Erfassung der gesamten **Nutzung** von Ressource wie z.B. Wasser und Flächen.

Für die **nationale Produktion** sind statistische Erfassungs- und Meldesysteme, mit entsprechenden Strukturen zur Erfassung der notwendigen sektoralen Daten wie Landwirtschaft oder Forstwirtschaft, gut implementiert. Allerdings existieren Datenlücken für den Verbrauch auf der Ebene der privaten Haushalte oder lokaler Ebene von Ressourcen, die nicht von offiziellen Statistiken erfasst werden, z.B. lokale Nutzung von Brennholz oder landwirtschaftlicher Reststoffe. Daten über die Menge an Rest- und Abfallstoffen, die derzeit für produktive Zwecke (z.B. als Düngemittel) oder für nicht-produktive, energetische Zwecke (Wärmeversorgung) genutzt werden, würden helfen, verbesserte Schätzungen über die potenziell zur Verfügung stehende Menge an Biomasse für eine Bioökonomie (siehe Abschnitt 4.3.) zu erarbeiten.

Die **Außenhandelsstatistiken** im Bereich der Bioökonomie sind relativ gut entwickelt und decken viele Bereiche ab. Die Statistiken der UN Comstat, FAOSTAT und Eurostat ComExt erfassen seit vielen Jahren die gehandelten Güter sowohl in ihrer monetären wie physischen Ausprägung (Gewicht). Allerdings ist die Datenqualität und -verlässlichkeit zum Teil nicht besonders hoch und Datenlücken, z.B. bei der Erfassung der physischen Mengen sind bekannt. Besondere Schwierigkeiten ergeben sich bzgl. der Nachvollziehbarkeit der ursprünglichen Herkunftsländer der Biomasse, vor allem bei Halbwerten, die schon viele verschiedene Verarbeitungsprozesse durchlaufen haben. So können importierte Möbel aus

China Holz aus anderen Ländern wie z.B. Russland enthalten (siehe Abschnitt 3.2., die Nachweissysteme der Verarbeitungsketten werden zwar verbessert, aber noch nicht hinreichend genug). Illegale Aktivitäten, wie illegales Abholzen und Fischen kann ebenfalls eine Herausforderung darstellen, wenn die Handelsflüsse z.B. von Holz vollständig abgebildet werden sollen.

Für die Darstellung des **Verbrauchs** im Bereich der Bioökonomie sind vor allem die Indikatoren Flächen-Fußabdruck und Wasser-Fußabdruck³ von Relevanz. Der Indikator Land-Fußabdruck ist dabei definiert als „the land used to produce the goods and services devoted to satisfy the domestic final demand of a country regardless of the country where this land was actually used“ (Arto et al. 2012). Der Indikator kann genutzt werden um:

- die globale Landnutzung verschiedener Volkswirtschaften zu vergleichen und so die **Ungleichheit der Landnutzung** in verschiedenen Regionen der Erde herausarbeiten;
- die globale Landnutzung Deutschlands mit der einheimischen Verfügbarkeit von landwirtschaftlichen Flächen zu vergleichen und so festzustellen, ob Deutschlands Flächeninanspruchnahme durch eigene Flächen abgedeckt werden kann oder **inwieweit Deutschland von Flächen in anderen Ländern abhängig ist**;
- **das Risiko einer Problemverlagerung zu erkennen**: Wenn Zeitreihen eine zunehmende Disparität zwischen den Regionen der Produktion auf der einen Seite und den Regionen der Konsumtion auf der anderen Seite anzeigen, kann dies ein Anzeichen für eine regionale Problemverlagerung sein (z.B. durch Auslagerung der Produktion). Die Veränderung der globalen Landnutzung dient als generischer Umweltbelastungs-Indikator (siehe Abschnitt 4.2), da eine Ausweitung intensiv genutzter Flächen im allgemeinen zu einer verringerten lokalen Artenvielfalt, verstärkter Bodenerosion und Umweltverschmutzung führt. Der Indikator „Flächen-Fußabdruck“ kann zwar nicht verwendet werden, um den Einfluss auf die Artenvielfalt bzw. die Ökosysteme direkt zu quantifizieren. Seine **Veränderung** zeigt aber richtungssicher eine zu- oder abnehmende Belastung für die Artenvielfalt an und verknüpft gleichzeitig diese Belastung mit den treibenden Faktoren eines Produktions- und Konsumsystems einer Volkswirtschaft (Bringezu et al. 2009);
- **das Erreichen von Zielwerten auszuweisen**: Wenn Ziele für eine globale Landnutzung als eine Art “safe operating space” für die globale Veränderung der Landnutzung zur Verfügung stehen (siehe Abschnitt 4.3), kann der Realwert des Indikators „Flächen-Fußabdruck“ mit dem Zielwert verglichen werden, um festzustellen, ob Deutschland sich innerhalb ökologischer Belastungsgrenzen befindet oder diese übersteigt.

³ Fußabdruck-Indikatoren dienen zur Darstellung von Umweltbelastungen aus einer konsum-orientierten Perspektive. Im Gegensatz zum Ökologischen Fußabdruck (Wackernagel und Rees 1996), der die tatsächliche sowie theoretische Landnutzung zusammenfasst und dadurch vor allem von den Effekten der Treibhausgasemissionen dominiert wird, entwickeln sich in den letzten Jahren immer mehr Ansätze, die den Ansatz des Fußabdrucks für verschiedene Ressourcen-Kategorien (Land, Wasser, Material, CO₂) verwenden, um so tatsächliche Umweltbelastungen und die globale Dimension nationaler Verbrauchsniveaus darzustellen.

Die Ausweisung von Land als Ressource muß aus einer übergeordneten Perspektive auch für die gesamte Bioökonomie erfasst werden, statt nur für jeweils ausgewählte Teilbereiche wie Biokraftstoffe, Nahrungsmittel oder Biomaterialien. Und zwar weil die Umweltauswirkungen, die mit der Veränderung der Landnutzung einhergehen, wie z.B. der Verlust der Biodiversität, unabhängig von der letztlichen Endnutzung der Biomasse sind. Zusätzlich wird durch ein Monitoring der gesamten landwirtschaftlichen Flächennutzung die Frage der indirekten Veränderung der Landnutzung, die mit spezifischen Nutzungsarten verbunden ist, überflüssig. Schließlich führt jede zusätzliche Nachfrage nach Biomasse zu zusätzlichen Flächenanforderungen (ein komplexes und aufwendiges Erfassungssystem für die indirekte Veränderung der Landnutzung ist daher nicht notwendig). Diese Gesamtbetrachtung reduziert nicht nur die Komplexität sondern impliziert, dass die Nutzung von Land als Ganzes – bei Überschreitung nachhaltiger Schwellenwerte – reduziert werden muss, und zwar durch Strategien, die das gesamte System der Landnutzung abdecken, wie z.B. Reduzierung von Lebensmittelverlusten und -abfällen, Steigerung der Effizienz entlang der Vorleistungskette, Nutzung von Biomasse ohne Ernährungszweck nur in den ressourceneffizientesten Einsatzbereichen).

Natürlich gibt es auch Datenerfordernisse und Fragestellungen, die eine differenzierte Betrachtung erfordern, um etwa anteilige Beiträge zur Landnutzung, Landnutzungsänderung und zu Flächen-Fußabdrücken zu erfassen (und auf dieser Basis ggf. Nutzungsprioritäten zu setzen). Deshalb sollte das Monitoring mehrskalig angelegt sein. Dabei ist neben der Quantität auch die Qualität der Flächeninanspruchnahme zu berücksichtigen. Dies kann dabei helfen, Strategien zu entwickeln besonders umweltrelevante Anbaupflanzen und Produktgruppen (z. B. die der Rind- und Schweineproduktion) nachhaltiger einzusetzen oder durch weniger umweltbelastende Produkte zu substituieren. Multiple Ebenen des Monitorings sind notwendig, wobei die Erfassung der Flächennutzung aus übergeordneter Systemperspektive anzeigt, ob insgesamt negative Entwicklungen stattfinden oder Problemverlagerungen verhindert werden (ohne eine übergeordnete Systemperspektive verschiebt die Substitution bestimmter pflanzlicher Kulturen durch andere möglicherweise nur Probleme statt sie zu lösen).

Die Instrumente zum Monitoring des globalen Flächen-Fußabdrucks entwickeln sich rasant (siehe den in Kürze erscheinenden Übersichtsartikel von O'Brien et al. (forthcoming) oder das UBA-Projekt "Der Flächenfußabdruck. Bewertung bestehender Berechnungsmethoden und Entwicklung von wirkungsorientierten Landnutzungsindikatoren" im Anhang). Grundsätzlich existieren zwei Ansätze zur Berechnung des Flächen-Fußabdrucks. Der erste Ansatz basiert auf der Erfassung der physischen Biomasseflüsse, die mittels der ökonomieweiten Materialflussanalyse ermittelt werden (u.a. der am Wuppertal Institut entwickelte Ansatz der Berechnung der Globalen Flächennutzung⁴). Die zweite Methode beruht auf der Erfassung volkswirtschaftlicher monetärer Größen in multi-regionalen Input-Output-Modellen. Beide Methoden sind für das Monitoring der Nutzung von Anbauflächen⁵

⁴ O'Brien et al. (forthcoming) ordnet 991 Güter (auf der 6-stelligen HS-Klassifikation der Eurostat ComExt-Außenhandelsstatistik) den Kategorien „Anbaupflanzen“, „pflanzen-basierten Produkten“, „tier-basierten Produkten der Landwirtschaft“. Mit Hilfe von Koeffizienten für den Ernteertrag werden die physischen Handelsflüsse in dafür notwendige Flächen umgerechnet. Die Nettogröße der Im- und Exporte ergibt zusammen mit den einheimischen produktiven Flächen den jährlichen Flächenbedarf zur Erzeugung von landwirtschaftlichen Produkten.

⁵ Dieser Begriff umfasst Ackerflächen und permanente (angebaute) Kulturen

weiter fortgeschritten als für die Erfassung von Weideflächen⁶ und forstwirtschaftlich genutzten Flächen (für die Ausweitung der Erfassungsmethode auf andere Landnutzungsarten als Ackerland besteht weiterer Forschungsbedarf). Aktuelle Forschungsarbeiten (O'Brien et al. forthcoming) für die EU kommen zu dem Ergebnis, dass der globale Flächen-Fußabdruck für Ackerflächen durch den Endverbrauch agrarischer Güter innerhalb der EU bei rund 0,3 Hektar pro Person⁷ liegt. Die Einschätzung, welche der beiden Methoden verlässlichere, realistischere und besser verwendbare Ergebnisse liefert, hängt von der konkreten Forschungsfrage und ihrem Kontext ab. Auf monetären Flüssen basierende Erfassungsmethoden haben den grundsätzlichen Vorteil alle ökonomischen Aktivitäten mit einzubeziehen. Andererseits kann der materialflussbasierte Ansatz der Berechnung der Globalen Flächennutzung zwar Güter einer hohen Verarbeitungsstufe nicht erfassen, ist dafür aber in der Lage detailliertere, und damit realistischere Ergebnisse zu liefern und Verzerrungen⁸ zu vermeiden. Die Nutzung hybrider Ansätze könnte ein Weg sein, die Stärken beider Methoden zu nutzen, bedarf aber noch der weiteren Forschung.

Zusätzlicher Forschungsbedarf ergibt sich aus der Anforderung einer stärkeren Kohärenz sowohl innerhalb von Forschungsgebieten wie dem des „Flächen-Fußabdrucks“ (mit Bezug z.B. auf Begrifflichkeiten und Definitionen) als auch im Verständnis zwischen Forschungsgebieten zum Thema Flächennutzung, vor allem im Bereich der Modellierung der Flächennutzung. Die Datenverfügbarkeit bleibt eine Herausforderung, gerade bei der Entwicklung neuer, innovativer Produkte im Bereich der Bioökonomie. Daher sind begleitende Forschungsanstrengungen notwendig, die bei neuen Bioprodukten die Ableitung von Flächenkoeffizienten ermöglichen und dabei helfen die Erfassung der Daten in offiziellen Statistiken zu harmonisieren.

Der Wasser-Fußabdruck ist definiert als der direkte und indirekte Süßwasserverbrauch eines Konsumenten bzw. Produzenten.⁹ Ungefähr 92% des durchschnittlichen Wasser-Fußabdrucks ist verbunden mit dem Verbrauch von landwirtschaftlichen Gütern (vor allem Getreide, Fleisch und Milch) (Mekonnen und Hoekstra 2011) und damit für das Monitoring der Bioökonomie von hoher Relevanz. Während die Methode des Wasser-Fußabdrucks sich weiterentwickelt, ist gleichzeitig eine fehlende Verbindung zum Monitoring der Bioökonomie festzustellen, die durch zukünftige Forschungsaktivitäten hergestellt werden

⁶ Unterschiedliche Landnutzungsformen sollten separat erfasst werden, um die Unterschiede der Datensituation (Verfügbarkeit und Genauigkeit) aufzugreifen und so die Politikrelevanz dieser Analysen für Entscheidungsträger zu erhöhen.

⁷ Dies ist bezogen auf den globalen Durchschnitt ein rund 30% höherer globaler Bedarf an Ackerfläche pro Person (damit wird ein überproportional hohes Verbrauchsniveau in der EU angezeigt) und mehr als 20% mehr Ackerfläche als in Europa zur Verfügung steht (was eine Importabhängigkeit für die Versorgung der Bioökonomie mit Rohstoffen signalisiert).

⁸ Beispielsweise sind die Umweltauswirkungen in monetären Input-Output-Modellen gekoppelt an die Preise für Güter. Gleichzeitig können sich die Preise dramatisch unterscheiden (ein Brot kann 1 Dollar kosten, aber auch 5 Dollar). Diese Preisunterschiede mögen Ausdruck unterschiedlicher Qualität der Güter darstellen, sie sind aber nicht notwendigerweise ein Ausdruck unterschiedlicher Umweltauswirkung (ein Brot für 5 Dollar benötigt nicht 5mal so viel Fläche wie ein Brot für 1 Dollar). Die Nutzung von monetären Flussgrößen allein kann somit zu verzerrten Ergebnissen führen (siehe auch Kastner et al. 2014).

⁹ Glossar des Water Footprint Networks. Zugriff am 16.02.15, <http://www.waterfootprint.org/?page=files/Glossary>. Siehe auch UNEP (2012) für einen Methodenreview

sollte. Weitere Fußabdruck-Indikatoren (vor allem der CO₂-Fußabdruck bzw. die kumulierten Treibhausgasemissionen¹⁰) und ihr Verhältnis zur Bioökonomie könnten zukünftig dazu dienen den Beitrag der Bioökonomie zur Erreichung bzw. Einhaltung von z.B. Klimaschutzzielen zu erfassen.

4.2 Monitoring der Auswirkungen der Ressourcennutzung

Es bedarf einer konzeptionellen Übersicht, die eine Erfassung der Auswirkungen der Ressourcennutzung im Kontext der Bioökonomie ermöglicht. Ein Grund liegt in der Vielzahl potenzieller Indikatoren auf verschiedenen Ebenen. Eine Möglichkeit bestünde darin, die Umweltwirkungen entlang der typischen LCA-Kategorien und der verschiedenen Betrachtungsebenen zu organisieren (z.B. Ackerflächen/Wald, Prozessketten, Land/Regionen/Kontinente). Die Belastungen und Auswirkungen könnten aber auch hinsichtlich ihrer Relevanz für die vier Ressourcenkategorien, die von der Europäischen Kommission in ihrer Ressourceneffizienzstrategie vorgeschlagen werden (namentlich Land, Wasser, Rohstoffe und Luft und CO₂-Emissionen), gruppiert werden. Die letztere Möglichkeit wurde für diesen Bericht gewählt, um die Belastungen und Auswirkungen der Ressourcennutzung einer sich entwickelnden Bioökonomie in den weiteren Kontext der Europa2020-Strategie und der Leitinitiative „Ressourceneffizienz“ zu stellen. Für eine Übersicht siehe Tabelle 4.1. Im Anhang ist eine ausführlichere Tabelle enthalten (Tabelle 7.2), die die Indikatoren jeweils auf lokaler, nationaler und globaler Ebene und sortiert nach den Umweltbelastungen und Auswirkungen darstellt. So ist beispielsweise der Indikator „Veränderung der Ackerflächen“ auf jeder der drei Skalen relevant, während Wasserknappheit als Indikator eher einen lokalen Bezug hat, der Wassernutzungsindex dagegen auf Deutschland und auf die globale Ebene anwendbar ist.

Tabelle 7.3 im Anhang liefert einen Überblick über die Datenanforderungen, die Qualität und Verfügbarkeit dieser Daten und die relevanten Quellen für alle in Tabelle 7.2 präsentierten Indikatoren. Die Tabelle entstammt den Arbeiten im SAT-BBE-Projekt (siehe Tabelle 7.6) und liefert einen generellen Überblick über den aktuellen Stand der Stärken und Schwächen der verschiedenen Indikatoren zu den Umweltwirkungen der Bioökonomie. Im Mittelpunkt des Forschungsinteresses dieses Teils des SAT-BBE-Projektes standen Fragen zur weltweiten Datenverfügbarkeit und -qualität für Indikatoren, die in wissenschaftlichen Publikationen oder politischen Kontexten diskutiert wurden.

Die Tabelle 7.3 weist auf eine Reihe von Datenlücken und teilweise unzureichende Datenqualität hin. Einige der größten Lücken sind verbunden mit der Bodendegradation und mit dem Kohlenstoffgehalt von Böden.

¹⁰ THG bezogene Erfassungen, wie z.B. der „CO₂-Fußabdruck“, sind schon weit fortgeschritten (siehe z.B. UNEP 2010)

Tabelle 4.1 Bioökonomie und ihre Umweltbelastungen und Auswirkungen, sortiert nach den Ressourcenkategorien Land, Wasser, Rohstoffe, Luft/CO₂-Emissionen

Ressourcen	Umweltbelastungen und Auswirkungen
Land	Veränderung der Landnutzung
	Landnutzungsintensität
	Veränderung der Bodenqualität
	Veränderung der Artenvielfalt
	Reduzierte Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen
Wasser	Wasserknappheit
	Wasserverschmutzung
Rohstoffe	Verringerung des Verbrauchs fossiler Ressourcen
	Steigerung der Nutzung von Biomasse
	Steigerung der Wiederverwendung von Biomasse
	Steigerung des Verbrauchs von Fisch
Luft und CO ₂ Emissionen	THG Emissionen
	Verschmutzung der Atmosphäre
	Kohlendioxid als Rohstoffquelle

Die Bedeutung von Konzepten wie der Kohlenstoffschuld oder Kohlenstoffneutralität ist ebenfalls zu untersuchen. So wird zum Beispiel das Verbrennen von Holz in den offiziellen Erfassungssystemen als kohlenstoffneutral bewertet, aber Untersuchungen haben gezeigt, dass die Verwendung von Stammholz aus primärer Abholzung eine Amortisationszeit von 100 bis 300 Jahren haben kann (Cherubini et al. 2011, Schulze et al. 2012). Daher ist es erforderlich, verbesserte Indikatoren und Werkzeuge zu entwickeln, um die Komplexität dieser Fragen hinreichend zu adressieren. Zusätzlich sollen drei weitere Wissenslücken hervorgehoben werden:

- **Der Zustand der natürlichen Ressourcen.** Ungeachtet der Anstrengungen, die Ressource Fläche mittels Fernerkundung zu erfassen, bleibt die Suche nach präzisen Informationen über Landnutzungsänderungen weiterhin eine Herausforderung, speziell auf der globaler Ebene. Die Frage nach dem Zustand der Ressource Wasser, der Bodenqualität und Artenvielfalt bleibt ein Thema wiederkehrender Forschungsaktivitäten und von Berichten einer Reihe von Institutionen. Allerdings wäre eine tiefergehende Datenermittlung, Analyse und Modellierung notwendig, um ein umfassendes Bild über die Wirkungen der Bioökonomie in den genannten Bereichen zu erhalten (z.B. über die Vielfältigkeit der Landschaft). Die Forschung zu Resilienz und den Kipppunkten von Ökosystemen sollte verstärkt werden und zwar von lokaler bis zur globalen Ebene (planetare Grenzen); einschließlich der Frage wie die Bioökonomie diese Grenzen beeinflusst. In diesem Kontext ist ein verbessertes Wissen über die Einflüsse verschiedener Ernteverfahren auf die Biodiversität notwendig, z.B. ob eine weitere Zerstückelung von Wäldern wie auch die Veränderung der Waldstruktur durch

Nutzung schwerer Maschinen oder die Nutzung von Ernteresten aus dem Wald die Artenvielfalt der Wälder beeinflusst.

- **Die Dynamik und Muster der Landnutzungsintensität.** Drei Typen von Indikatoren für bestimmte Aspekte der Landnutzungsintensität können unterschieden werden: a) Input-Intensität (z.B. der Einsatz von Arbeitskraft oder Düngemittel), b) Output-Intensität (Ernteerträge pro Fläche oder das Volumen an Holzernte) und c) systembasierte Indikatoren (z.B. Input-Output-Relationen, HANPP¹¹). Die Entwicklung von integrativen Indikatoren über diese drei Dimensionen hinweg würde eine systematische Bewertung der Trade-offs, Synergien und Opportunitätskosten erlauben, die sich beispielsweise in Folge einer weiteren Intensivierung der Landnutzung ergeben; dadurch könnten die Risiken, Potenziale und Möglichkeiten einer nachhaltigen Intensivierung und Versorgung der Bioökonomie mit Biomasse besser erkannt werden (siehe auch Kuemmerle et al. 2013).
- **Die Veränderung von Ökosystemdienstleistungen.** Für verschiedene Ökosysteme stehen Techniken zur Abbildung und Quantifizierung der Ökosystemdienstleistungen auf unterschiedlichen Ebenen zur Verfügung (siehe z.B. Maes et al. 2013). Allerdings sind weitere Anstrengungen notwendig, um die Risiken und Möglichkeiten zu verstehen, die mit einer Ausweitung der Bioökonomie verbunden sind: welche Möglichkeiten bestehen beispielsweise, qualitativ hochwertige Ökosystemdienstleistungen zu nutzen, ohne die Struktur der Ökosysteme durch Ernten und Abholzungen dramatisch zu verändern? Diese Risiken und Möglichkeiten sollten in Abhängigkeit unterschiedlicher Nachfrageszenarien nach unterschiedlichen Arten von Biomasse untersucht werden. So können holzbasierte Produkte auf hochwertige Rohstoffe angewiesen sein (z.B. Stammholz oder Funier im Baubereich), oder eher auf schnellwachsende oder rezyklierte Rohstoffe minderer Qualität (z.B. Sperrholz- bzw. Spanplatten).

4.3 Nachhaltigkeitsbewertung der Ressourcennutzung

Zur Bestimmung von geeigneten Indikatoren und Zielen, die den Weg zu einer nachhaltigen Ressourcennutzung aufzeigen, besteht noch erheblicher Forschungsbedarf. Aus bereits vorliegenden Indikatoren zum Ressourcenverbrauch und dessen Wirkungen können hierfür wichtige Bewertungsmaßstäbe abgeleitet werden, gleichwohl es sicherlich ein vielschichtiges Verständnis darüber gibt, was Nachhaltigkeit in quantifizierbaren Größen bedeuten soll. Indem man auf die wesentlichen Aspekte fokussiert, lässt sich diese Frage so formulieren: Welches sind die rahmensetzenden Anforderungen einer **nachhaltigen** Bioökonomie in Deutschland? Dafür existieren grundsätzlich drei Arten von Orientierungsmaßstäben, die für die Bioökonomie relevant sind:

- a) **Wieviel kann pro Hektar nachhaltig produziert werden.** Wieviel wovon auf einem Feld, in einem Wald oder einem Gewässer unter Nachhaltigkeitsbedingungen produziert bzw. geerntet kann, hängt von den lokalen Gegebenheiten und Produktionsweisen ab. Doch selbst bei Ausschöpfung aller Effizienzpotenziale (z.B.

¹¹ Human Appropriation of Primary Production

bezogen auf die Nährstoffeffizienz der Düngung) und Intensivierungsoptionen (z.B. durch ertragsreiche Sorten) ergeben sich bei Einhaltung von Umweltqualitätsstandards (z.B. dem Nitratgehalt im Grundwasser) Obergrenzen der Produktivität. Entsprechende Referenzwerte eines potenziell nachhaltig verfügbaren Erntevolumens müssen vielfach noch ermittelt werden.

b) Wieviel Fläche kann für die Produktion von Biomasse im erweiterten Nachhaltigkeitskontext verwendet werden. Um diese Frage zu beantworten, muss geklärt werden, welche für die Biomasseproduktion generell geeigneten Flächen nicht zur Verfügung stehen, weil sie z.B. als artenreiche Ökosysteme oder aus Gründen des Klimaschutzes oder der Wasserspeicherung erhalten werden sollen, oder weil sie in entlegenen Weltregionen kaum zugänglich sind. Diese Fragen stehen in Verbindungen zu Themen wie den planetaren Grenzen und Zielen eines nachhaltigen Niveaus globaler Ressourcennutzung und sind gleichzeitig von Relevanz für die Veränderungen der Umwelt innerhalb der EU. Letztlich ergibt sich auch durch die Entscheidungen zur gesamten Flächennutzung eine Begrenzung des verfügbaren Biomassepotenzials.

c) Wieviel Biomasse kann unter Nachhaltigkeitsbedingungen konsumiert werden. Wenn in Land- und Forstwirtschaft und Fischerei nachhaltig produziert wird (Maßstab a) und dies im Rahmen einer nachhaltigen Gesamtflächennutzung geschieht (Maßstab b), dann kann die geerntete Biomasse immer noch sehr unterschiedlich verarbeitet und genutzt werden. Damit können verschiedene lebenszyklusweite Umweltbelastungen verbunden sein (Treibhausgasemissionen etc.). Je nach Effizienzgrad der Nutzung entstehen dabei größere oder kleinere Abfallmengen. Bezogen auf diese Umweltbelastungen bestehen weitere Vorgaben, die in der Regel sektorübergreifend für die gesamte Ökonomie gelten, wie auch von der Bioökonomie zu beachten sind.

Alle drei rahmensetzenden Aspekte sollten in einem Bewertungssystem der Bioökonomie berücksichtigt werden. Eine Abschätzung der nachhaltig nutzbaren Potenziale und der Möglichkeiten zu ihrer Ausschöpfung erfordert eine integrative Betrachtung aus allen drei Perspektiven.

Die Anwendung dieser drei Perspektiven kann jeweils mit dem Fokus auf die Produktion oder auf den Konsum erfolgen, wobei deren Wechselspiel und Balance in Richtung einer nachhaltigen Bioökonomie berücksichtigt werden muss.

Nachhaltige Produktionsweise

Im Vergleich zu vielen anderen Ländern und Regionen gibt es in Deutschland viele Verordnungen und Richtlinien zu den Umweltauswirkungen in Primärproduktionssektoren. Im Bereich der Bioökonomie können Zertifizierungen ein Instrument sein, um eine nachhaltige Produktion von Importgütern zu gewährleisten. Es existiert eine umfangreiche Literatur zu Stärken, Schwächen und Wirkungen von Labels im Bereich von Ernährung und Biokraftstoffen. Ein systematisches Monitoring der Bioökonomie sollte diese Literatur nutzen und integrieren, aber darüber nicht den übergeordneten Fokus auf eine nachhaltige Konsumperspektive vergessen.

Große Wissenslücken existieren im Bereich der **derzeitigen und zukünftigen Potenziale der Nutzung von Reststoffen** aus Forst- und Landwirtschaft. Etliche Studien und Untersuchungen kommen zum Schluss, dass die Nutzung der Reststoffe nur in geringem Umfang erfolgt (sowohl in Deutschland wie im Rest der Welt) und biotische Reststoffe eine relevante Quelle für die Herstellung von Biokraftstoffen und Biomaterialien darstellen können (Abschätzungen zu den Potenzialen eines nachhaltigen Beitrags der Reststoffe gehen weit auseinander, in Abhängigkeit wie hoch oder niedrig die Verfügbarkeit von Reststoffen eingeschätzt wird). Andere Studien äußern Bedenken zu einer umfassenden Nutzung von Reststoffen, da dies möglicherweise negative Auswirkungen auf die Bodenqualität hat (Kohlenstoffgehalt, Nährstoffe oder Waldwachstum). Eine Reihe von Forschungsprojekten untersucht diese Fragestellungen und Problemlagen (siehe Anhang). Aus der Perspektive eines systemischen Monitorings betrachtet, sollten diese Ergebnisse zusammengetragen, verglichen und so aufbereitet werden, dass sie in die Formulierung von Richtlinien für eine nachhaltige Produktionsweise und in die Abschätzung von Potenzialen einfließen können.

Nachhaltige Konsummuster

Die größte Herausforderung einer nachhaltigen Bioökonomie wird darin liegen, eine Balance zwischen der Nachfrage nach Nahrungsmitteln, Energie und Rohstoffen und den nachhaltigen Bereitstellungskapazitäten der natürlichen Systeme (national wie global) zu finden.

Indikatorgestützte Zielwerte können für die nachhaltige Entwicklung der Bioökonomie richtungsweisend sein. Sie können als Referenzen für die Erfolgsmessung verwendet und als Nachhaltigkeitsbedingungen in verschiedenen Modellszenarien genutzt werden. Bringezu et al. (2012) formulieren die Anforderung, dass Ziele für eine globale Flächennutzung zwei Komponenten enthalten müssen: a) Informationen über das akzeptable Niveau der globalen Ressourcennutzung und b) eine adäquate Zuschreibung der Ressourcennutzung zu den Verbrauchsländern. Mit Blick auf a) wird hier auf das Konzept der Ökologischen Belastungsgrenzen (Rockström et al. 2009, Steffen et al. 2015) Bezug genommen und als starkes Nachhaltigkeitsziel ein Ende der Ausweitung der globalen Ackerflächen bis zum Jahr 2020 vorgeschlagen. Dies würde einen Zielwert von 1,6 Mio. ha weltweiter Ackerfläche implizieren, mit der inhaltlichen Begründung, einen weiteren Verlust der Biodiversität durch Landnutzungsänderungen zu verhindern.¹² Mit Bezug zu b)

¹² Im Jahr 2009 haben Rockström und seine Kollegen eine ökologische Belastungsgrenze für Veränderung des Flächensystems formuliert. Diese Grenze ist formuliert als die maximal verfügbare Fläche für Ackerbau, bevor weitere Landnutzungsänderungen die ökologischen Belastungsgrenzen der Klimaveränderung übersteigen würden. Rockström et al. (2009) schätzen, dass die Grenze 15% der globalen eisfreien Landfläche umfasst (im Vergleich dazu schätzen Bringezu et al. 2012 und UNEP 2014, dass die Grenze einem Anteil von 12,6% der globalen eisfreien Landfläche entspricht und sich aus der Forderung den Verlust an Artenvielfalt zu begrenzen ergibt). Im Jahr 2015 haben Steffen et al. eine Überarbeitung der ökologischen Belastungsgrenzen für den Aspekt der Veränderung der Landnutzungssysteme veröffentlicht, die eine Abschätzung des Umfangs der notwendigen Waldflächen enthält. Steffen et al. schlagen Biom-basierte Grenzen vor, die aus Klimaschutzgründen nicht unterschritten werden sollten (85% der potenziell möglichen Flächen für tropischen und boreale Wälder und 50% für Wälder in gemäßigten Zonen). Sie schätzen den globale Grenzwert für eine Reduktion von Waldflächen auf 54 bis 75% der ursprünglichen Ausbreitung von Wäldern ab. Die derzeitige globale Waldfläche entspricht rund 62% der ursprünglichen Waldflächen, was anzeigt, dass wir schon jetzt im Bereich der Unsicherheiten der Grenzwerte für die Veränderung der Landsysteme operieren und ein Stopp weiterer Landnutzungsänderungen so schnell als möglich umgesetzt werden sollte.

schlagen Bringezu et al. (2012) eine gleichmäßige Verteilung des zur Verfügung stehenden nachhaltig nutzbaren Anbaulands auf die Weltbevölkerung vor. Sie weisen darauf hin, dass trotz unterschiedlicher Ausstattung der Länder mit fruchtbaren Böden, Niederschlagsmengen und Wachstumsbedingungen, sowie unterschiedlicher technologischer Voraussetzungen, Pro-Kopf-Ziele bezogen auf den Endverbrauch von Produkten gesetzt werden sollten, um damit den fairsten und praktikabelsten Weg zu einer nachhaltigen Nutzung von Food und Non-Food Biomasse zu erschließen.¹³ UNEP (2014) hat diesen Vorschlag übernommen und befürwortet ein Ziel von 0,20 ha/Person (1,970 m²) Anbaufläche bis zum Jahr 2030. Aus dem derzeitigen Bedarf von ca. 0,3 ha/Person für Europa ergibt sich daher die Notwendigkeit, den globalen Flächenbedarf zu reduzieren. Dieses Ziel operationalisiert den o.g. Maßstab (b). Eine neue und innovative Bioökonomie könnte zum Erreichen eines solchen Zieles und damit zur nachhaltigen Sicherung ihrer Versorgungsbasis beitragen.

Weitere Forschung ist notwendig um in einem nationalen Monitoring-System Zielwerte zu integrieren, die sich aus den lokalen bis globalen Anforderungen ergeben.

4.4 Kernbotschaften und Empfehlungen

- Das Monitoring einer nachhaltigen Produktion ist in Deutschland relativ weit fortgeschritten, aber ein Monitoring eines nachhaltigen Konsums fehlt nahezu vollständig.
- Aktivitäten für einen nachhaltigen Konsum fokussieren zumeist auf die Mikroebene (Produkte) oder auf die Wertschöpfungskette mit der Perspektive nachhaltiger Produktionsweisen. Eine übergeordnete Systemperspektive fehlt.
- Der Flächen-Fußabdruck und Ziele zur globalen Landnutzung durch inländische Aktivitäten liefern eine makro-ökonomische Systemperspektive. Beides sollte integraler Bestandteil eines Bioökonomie-Monitoring-Systems werden. Dies wird nachdrücklich empfohlen, um eine Wiederholung der Folgewirkungen der Umstellung auf Biokraftstoffe zu vermeiden.
- Eine Reduzierung der Flächeninanspruchnahme kann Hand in Hand mit dem Wachstum einer intelligenten, innovativen und nachhaltigen Bioökonomie gehen. Dazu sind verstärkt Politikmaßnahmen notwendig, die eine höhere Effizienz entlang des Lebenszyklus von Produkten fördern und das Abfallaufkommen und exzessive Konsummuster mindern.
- Die Forschung im Bereich Flächenfußabdruck und die Eignung verschiedener methodologischer Ansätze für die Erfassung der Bioökonomie sollte intensiviert und verstärkt mit Modellierungsansätzen gekoppelt werden.

¹³ Bringezu et al. 2012 weisen darauf hin, dass die Märkte für Agrargüter zunehmend miteinander verbunden sind, technologische Kapazitäten zukünftig noch stärker konvergieren werden und daher jeder Mensch auf der Welt einen gleichen Anteil an der verfügbaren Landfläche für die Befriedigung seines Bedarfs an Ressourcen haben sollte. Dies betrifft vor allem den Bereich der Versorgung mit Nahrungsmitteln.

- Es besteht Forschungsbedarf im Bereich des Konzeptes der ökologischen Belastungsgrenzen und wie diese in nationale Ziele zu übersetzen sind. Diese könnten wiederum integraler Bestandteil eines Bioökonomie-Monitoring-Systems werden..
- Weiterhin sind Forschungsaktivitäten notwendig, um die Potenziale zur Nutzung von Reststoffen und Abfällen unter Nachhaltigkeitsbedingungen systematisch zu untersuchen und in ein Gesamtmonitoring zu integrieren. Zudem sollten verschiedene Entwicklungspfade der Bioökonomie hinsichtlich ihres potenziellen Einflusses auf die natürlichen Systeme exploriert werden (z. B. die Wirkung von veränderten Erntetechniken auf die Artenvielfalt oder der Einflusses einer veränderten Nachfrage nach bestimmten Pflanzen auf Ökosysteme).

5 Systemische Betrachtung und Modellierung der Bioökonomie

Gerade für die Bioökonomie ist eine systemische Betrachtung aus mehreren Gründen unabdingbar. Es geht darum die wirtschaftlichen Basisdaten (Strang 1) nicht isoliert zu betrachten, sondern mit dem eigentlichen Ziel der Bioökonomie, nämlich nachhaltiges Wirtschaften zu ermöglichen und die Ressourcenbasis (Strang 3) zu stärken, in Beziehung zu setzen. Hierbei ist nicht nur die Nachhaltigkeit der Bioökonomie in Bezug auf sich selbst zu betrachten, sondern vor allem die Verschiebungen, die innerhalb der Gesamtwirtschaft durch biobasierte Produktions- und Produktalternativen entstehen. Modellierungen sind ein zentrales Instrument, um systemische Zusammenhänge aufzuzeigen, zu analysieren und zu bewerten.

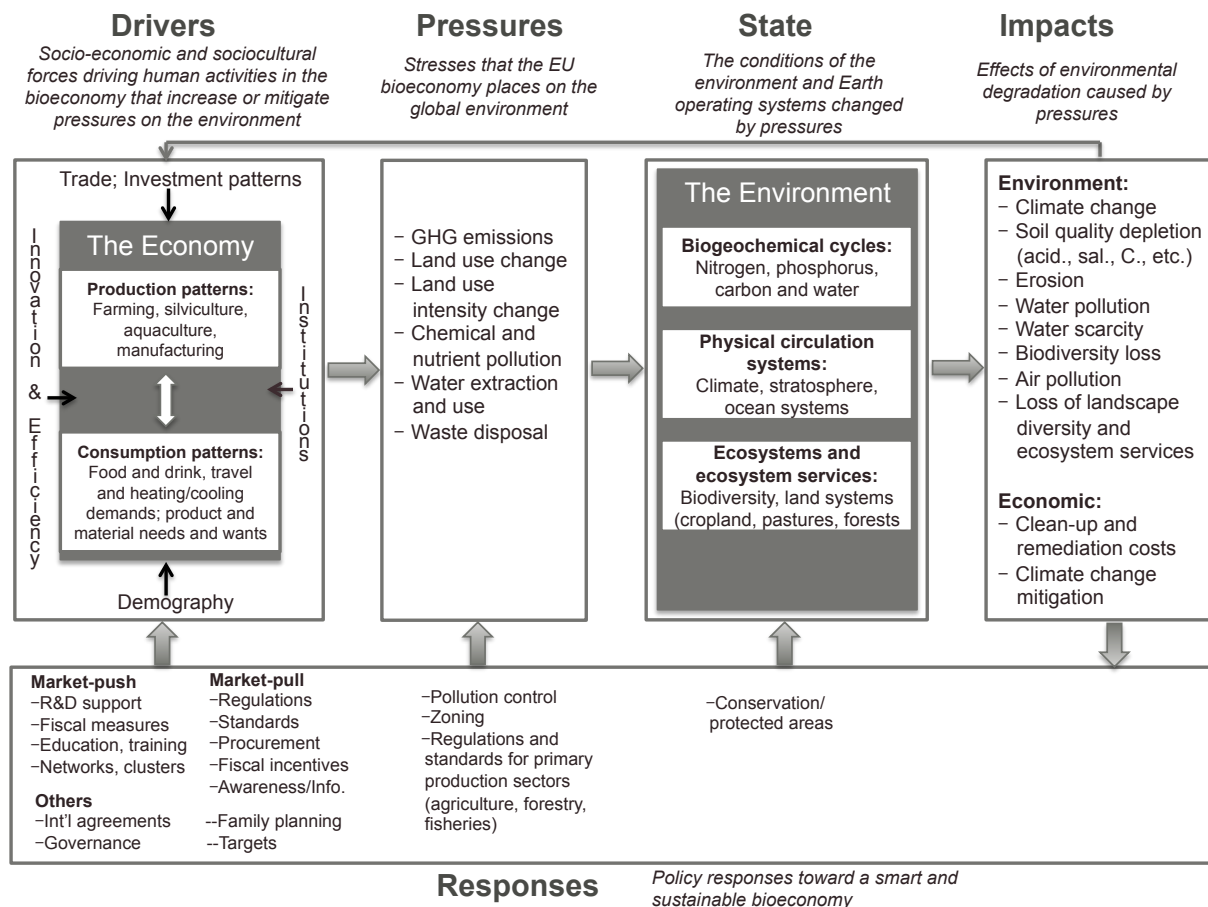
Der nächste Abschnitt stellt deshalb dar, wie die Bioökonomie in die bestehende Modellierungslandschaft einzubetten ist, welche modellbasierten Analysen bereits durchgeführt werden und wie Modelle für eine systemische Betrachtung der Bioökonomie kombiniert und eingesetzt werden können. Im Kapitel 5.2 wird darauf aufbauend der systemische Blickwinkel zu einem Gesamtkonzept für das Monitoring der Bioökonomie verdichtet.

5.1 Modellierung der Bioökonomie: Überblick und Bewertung

Die große thematische Breite und Interdisziplinarität der Bioökonomie stellt für die Modellierung dieses Gebietes eine große Herausforderung dar. Derzeit gibt es nahezu keine Modelle, die spezifisch auf die Herausforderungen und Wirkungen der Bioökonomie abgestimmt sind. Vielmehr muss man auf Modelle zurückgreifen, die spezielle oder übergreifende ökonomische bzw. ökologische Zusammenhänge erfassen und hierbei zumindest Teilaspekte der Bioökonomie erfassen können.

Anhand des DPSIR Konzeptes, das unter anderem von der Europäischen Umweltagentur (EEA) angewendet wird um Ursache-Wirkungszusammenhänge zwischen Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt darzustellen, soll zunächst eine strukturelle Übersicht zur Vielfalt der abzubildenden Modellierungszusammenhänge bezogen auf die Bioökonomie gegeben werden (vgl. Abb. 5.1).

Abbildung 5.1 DPSIR Rahmenkonzept für die Bioökonomie



Quelle: erstellt von M. O'Brien (WI) basierend auf EEA

Das DPSIR Konzept nimmt einen systemanalytischen Standpunkt ein: Sozio-ökonomische Entwicklungen (**Drivers**) üben Druck (**Pressure**) auf die Umwelt aus, deren Zustand (**State**) sich dadurch ändert und entsprechende Wirkungen (**Impacts**) verursacht werden. Die Antworten (**Responses**) der Politik versuchen das System in eine nachhaltigere Richtung zu steuern. Die DPSIR-Perspektive zeigt auf, welche Dimensionen für eine umfassende Modellierung der Bioökonomie zu berücksichtigen sind, um die Stränge 1 und 3 des angedachten Monitorings über eine systemische Betrachtung zusammenzuführen.

Viele Modelle richten ihren Fokus entweder auf das ökonomische oder auf das Umweltsystem und orientieren sich hierbei an unterschiedlichen Prinzipien:

- Eine ökonomiebezogene Modellierung basiert im Allgemeinen auf Beziehungen zwischen Angebot und Nachfrage und wird zur Bewertung politischer Maßnahmen genutzt (z.B. einer Tarif oder Subventionspolitik) sowie für Marktvorhersagen über die Wirtschaft als Ganzes oder zu bestimmten Sektoren. Hierzu werden zumeist Computable General Equilibrium oder/und Partial Equilibrium Tools eingesetzt. Im Abschnitt 5.1.1. werden die Prinzipien, Vorzüge und Limitationen dieser Modellierungsverfahren näher beschrieben und noch zwei weitere Modelltypen kurz beleuchtet.

- Die Umweltmodellierung ist generell darauf ausgerichtet, das natürliche Ökosystem zu beschreiben bzw. durch Simulationen ökologische Prozesse nachzubilden, Probleme zu identifizieren und mögliche Umweltveränderungen abzuschätzen. Im Abschnitt 5.1.2 werden diese Modelle im Rahmen einer Einteilung in biophysikalische und Landnutzungsmodelle vorgestellt und diskutiert.

Eine zentrale Herausforderung für die bioökonomische Modellierung besteht darin, abzuschätzen, wie ökonomische Veränderungen die natürliche Umwelt beeinflussen und umgekehrt. Dies erfordert eine sogenannte Integrated Assessment Modellierung, um ökonomische und ökologische Zusammenhänge miteinander zu verbinden. Integrated Assessment Modelle (IAM) werden im Abschnitt 5.1.3 näher beschrieben.

5.1.1 Ökonomiemodelle

Dieser Abschnitt gibt einen Überblick zu ökonomischen Modellierungsansätzen und stellt beispielhaft einzelne typische Modelle vor. Außerdem werden Schlüsselpublikationen angeführt, die in Bezug zu diesen Modellen und zur Bioökonomie stehen.

Die Modelle wurden entwickelt um wirtschaftliche und politische Fragestellungen zu erörtern, ohne dabei einen unmittelbaren Bezug zur Bioökonomie aufzuweisen. Beispielsweise sind sie darauf ausgerichtet, tarifpolitische Auswirkungen (z.B. das CGE-Modell GTAP), oder die von Subventionen (z.B. Milchsubventionen mit dem PE-Modell CAPRI) abzuschätzen. Module, die sich auf Biokraftstoffe oder die Bioökonomie beziehen, wurden mit der Zeit hinzugefügt oder befinden sich aktuell in der Entwicklung.

5.1.1.1 CGE Modelle

Computable General Equilibrium (CGE) Modelle basieren auf der Allgemeinen Gleichgewichtstheorie, eine ökonomische Theorie die vereinfacht ausgedrückt auf der Vorstellung eines sich einstellenden Gleichgewichts zwischen Angebot und Nachfrage beruht. Diese Modelle werden oft für die Handelsanalyse eingesetzt. Zu den ersten CGE Modellierungsaktivitäten zählen das Michigan Modell des Welthandels und der Weltproduktion (Deardorff and Stern 1986) sowie das Global Trade Analysis Projekt (GTAP, Hertel et al. 1997). Das erste CGE Modell, das die Landnutzung aufgeteilt nach physikalischen Parametern berücksichtigt hat, war das FARM Modell. Es wurde von Darwin et al. (1995) entwickelt und später in GTAP-L integriert (Burniaux 2002).

CGE Modelle verwenden wirtschaftliche Datensätze und arbeiten mit Gleichungen, die neoklassische Annahmen zugrunde legen. Hierbei werden auch Elastizitäten, also relative behaviorale Beziehungen zwischen Konsum und Produktion (z. B. eine Änderung der Nachfrage in Abhängigkeit vom Preis) definiert. Die Qualität der verwendeten Werte für die Elastizitäten ist einer der Hauptkritikpunkte zu den CGE Modellen (siehe z. B. WTO 2005).

CGE Modelle sollen ein tieferes Verständnis von komplexen wirtschaftlichen Zusammenhängen ermöglichen (z. B. wie Veränderungen in einem Sektor andere Wirtschaftsbereiche beeinflussen können). Hohe Aggregationslevel und damit verbundene Annahmen zu wirtschaftlichen Zusammenhängen können allerdings wichtige Beziehungen übersehen. CGE Modelle berechnen typischerweise ein neues Gleichgewicht in Folge einer

Veränderungen ohne hierbei die Entwicklungsdynamik eines entsprechenden Übergangs (Transition) darzustellen. Damit ist die Repräsentation von technologischen Veränderungen durch die Bioökonomie nur eingeschränkt möglich. Insbesondere bestehen Lücken in der Darstellung biobasierter Innovationen (z. B. moderne Biomaterialien) oder von alternativen Rohstoffen und Bodenressourcen (etwa zum Ertrag auf degradierten Böden oder zu Reststoffen) (Msangi et al. 2014).

Im Folgenden werden zwei bedeutsame CGE-Modelle (MAGNET und MIRAGE) mit bereits bestehenden Bezügen zur Bioökonomie vorgestellt. Ausgangspunkt ist bei beiden die aktuelle GTAP 8 Datenbank, die vom Konsortium des Global Trade Analysis Project (GTAP) erarbeitet wurde, und die selbst ein multiregionales und –sektorelles CGE Modell unterhalten.¹⁴

- **MAGNET (Modular Applied GeNeral Equilibrium Tool)** ist das Nachfolgemodell von LEITAP und wurde am LEI (Wageningen University, Netherlands) entwickelt. Es ist Teil des Thünen-Modellverbundes und kam für die European Scenar2020 I & II Studien (im Auftrag von DG AGRI) und für die OECD Environmental Outlook Studien zum Einsatz. MAGNET wird derzeit um mehrere neue biobasierte Sektoren erweitert (Biokraftstoffe der zweiten Generation, Bioelektrizität, Biochemikalien und ein Sektor für Biomassengrundstoffe, der die Vorbehandlung und den Transport von Biomasse, die den anderen Sektoren zugeführt wird, umfasst). Damit soll die Relevanz von MAGNET für die Bioökonomie gesteigert werden (Smeets et al. 2014). Weiterführende Literaturangaben:
 - Banse, M., van Meijl, H., Tabeau, A., Woltjer, G., Hellmann, F., Verburg, P. H. (2011) Impact of EU Biofuel Policies on World Agricultural Production and Land Use. **Biomass and Bioenergy** 35 (6): 2385-2390
 - Smeets, E., J. Moorad, et al. (2014). The impact of the rebound effect of the use of first generation biofuels in the EU on greenhouse gas emissions. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**.
 - Smeets, E., A. Tabeau, et al. (2014). The indirect land use change (ILUC) and food security effects of the use of residues and waste for bioenergy production. **Biomass and Bioenergy**.
- **MIRAGE (Modelling International Relationships in Applied General Equilibrium)** ist eine Entwicklung vom IFPRI (International Food Policy Research Institute, Washington DC) und des CEPRI (Centre d'Etudes Prospectives et d'Informations Internationales, Paris). Das Modell wurde zur Analyse der Konsequenzen von WTO Verhandlungen und hierbei z. B. zur Erörterung von Erfolg und Scheitern der Doha-Runde eingesetzt. Ebenso analysierte man mit MIRAGE regionale und bilaterale Vereinbarungen, wie z. B. die Abkommen zur ökonomischen Partnerschaft zwischen der Europäischen Union und afrikanischen, karibischen und pazifischen Staaten. Mittlerweile erfolgte eine Anpassung von MIRAGE, um die Auswirkungen der Biokraftstoffpolitik der EU, also Effekte der

¹⁴ vgl. hierzu www.gtap.agecon.purdue.edu/default.asp und www.gtap.agecon.purdue.edu/models/current.asp. CGE-Modelle, die auf der GTAP Datenbank basieren sind unter folgender Webadresse gelistet: www.gtap.agecon.purdue.edu/about/data_models.asp

damit verbundenen Landnutzungsänderung, zu untersuchen. Weiterführende Literaturangaben:

- Laborde, D. (2011). Assessing the Land Use Change Consequences of European Biofuel Policies. International Food Policy Research Institute. Washington D.C., USA.
- Valin, H. und D. Laborde (2012). Modeling land-use changes in a global CGE: Assessing the EU biofuel mandates with the MIRAGE-BioF model. *Climate Change Economics* 03(03): 1250017.

Gewonnene Erkenntnisse auf Basis von CGE Modellen wie MIRAGE zu Nachhaltigkeitsproblematiken von Landnutzungsänderungen stellen z. B. die Biokraftstoffpolitik der EU, insbesondere zum Biodiesel, in Frage (vgl. Valin and Laborde 2012).

5.1.1.2 PE Modelle

Partial Equilibrium Modelle basieren auch auf einem neo-klassischen Ökonomieverständnis, fokussieren sich aber auf einen spezifischen Markt bzw. Sektor. So betrachtet sind sie nützlich um tiefer ins Detail zu gehen und sie werden z. B. häufig eingesetzt, um Zusammenhänge rund um Biokraftstoffe zu beurteilen. Durch ihre Fokussierung werden Rebounds und eine gegenseitige Abstimmung zu anderen Wirtschaftsbereichen nicht im Modell selbst behandelt. Beispielsweise kann ein PE Modell die Preisdynamik im Landnutzungssektor abbilden, umfasst aber nicht die einzelnen Wirkungen in weiteren Wirtschaftsbereichen. Mit Bezug zur Landnutzungsänderung können z. B. die folgenden PE Modelle benannt werden: **IMPACT** (Rosegrant et al. 2002) und **WATSIM** (Kuhn 2003) für die Landwirtschaft; **GTM** (Sohnngen et al. 1999) für die Fortwirtschaft; AgLU (Sands und Leimbach 2003, Sands und Edmonds 2005) und **FASOM** (Adams et al. 1996, USEPA 2005) für beide Bereiche (vgl. Hertel et al. 2007).

Die generelle Struktur von PE Modellen umfasst Gleichungen zur Bilanzierung, zu Verhaltensweisen und fachlichen Zusammenhängen, die auf Beobachtungsdaten, Fachwissen und Projektionen von exogenen Faktoren beruhen. Sie unterscheiden sich aber hinsichtlich Datenquellen, Methodologien, behaviorale und fachspezifische Spezifikationen, Gültigkeitsbereichen, Skalen und programmiertechnische Umsetzung. So können sich auch unterschiedliche Resultate bezogen auf die gleiche politische Frage ergeben.

Die Europäische Union (EU 2010) untersuchte z. B. die Wirkung eines zehnpromzentigen Anteils von Biokraftstoffen der ersten und zweiten Generation an der Energieerzeugung im Transportsektor. Zu diesem Zweck wurden drei Modelle (AGLINK-COSIMO, ESIM und CAPRI, s.u.) eingesetzt, die mit den selben exogenen Projektionen arbeiten (bezogen auf Bevölkerung, Einkommen, Nachfrage, Erträge). Die Ergebnisse zeigten eine gute Übereinstimmung in Bereichen mit dem stärksten Impact der Biokraftstoffpolitik auf, aber zu künftigen Richtungswechseln ergaben sich eine Reihe kritischer Unterschiede. Beispielsweise variierten die Vorhersagen zu Netto-Importen und -Exporten für verschiedene Feldfrüchte im Jahr 2020. Die Studie kommt zu dem Schluss, dass die Landnutzungsänderung außerhalb der EU unzureichend erfasst ist, und dass keines der Modelle einschränkende Faktoren zur Landnutzung darstellen kann. Gemeint sind Faktoren wie die erneuerbare Energiedirektive der EU oder andere Verpflichtungen zum

Klimawandel, mit denen die Kosten und Größe der Ausdehnung der Anbaufläche beeinflusst werden können (vgl. EU 2010, S. 10). Außerdem wird angemerkt, dass derzeit in den Modellen die Frage, ob und wie Biokraftstoffe der zweiten Generation die Landnutzungsveränderung in Folge der Biokraftstoffpolitik beeinflussen könnten, nicht behandelt werden kann.

Im Folgenden werden einige Beispiele für PE-Modelle kurz dargestellt, die Bezüge zur Bioökonomie aufweisen. Detailliertere Informationen sind in einem Bericht der iMAP (integrated Modelling platform for Agro-economic community and Policy analysis) zu entnehmen, vgl. EU (2012). Der Fokus der unten angeführten Modelle liegt auf den Sektoren Landwirtschaft oder/und Forstwirtschaft. Es gibt aber zahlreiche ähnliche Modelle für andere Sektoren, z. B. das HORTUS (vom IIASA), das den Gartenbausektor umfasst, FISHRENT (LEI) für den Fischereisektor und GAZMO (LEI) zum Biogassektor. Ein Überblick zu Energiemodellen wird von Bhattacharyya (2010) bereitgestellt. Für weiterführende Informationen siehe auch Smeets et al. (2014).

- **AGEMOD (AGricultural MEmber states MODelling)** ist ein länder- und marktübergreifendes dynamisches Modellsystem, das signifikante Details zu den wichtigsten Landwirtschaftssektoren für alle EU-Mitgliedsstaaten und für Beitrittskandidaten bereitstellt. Es basiert auf der Expertise eines EU-weit ausgedehnten Netzwerkes von Wirtschaftswissenschaftlern (30 Partner, koordiniert durch LEI und vom Thünen Institut). Weiterführende Literatur:
 - F. Chantreuil, K. Hanharan und M. van Leeuwen (eds) (2012). The future of EU agricultural markets by AGMEMOD. Published by Springer.
- **AGLINK-COSIMO** ist ein rekursiv-dynamisches Angebots- und Nachfragemodell der weltweiten Landwirtschaft. Es entstand durch das Zusammenführen des OECD-Modells AGLINK (OECD) und FAO's COSIMO. Seit dem Start in 2004 werden mittlerweile 52 Länder und Regionen abgebildet, inklusive landwirtschaftlicher Güter der gemäßigten Klimazone, Reis, Pflanzenöl, Zucker, Süßungsmittel und Biokraftstoffe (Bioethanol und Biodiesel). Weiterführende Literaturangaben:
 - Burrell, A., Stephan, G., Kavallari, A. (2012). The compatibility of EU biofuel policies with global sustainability and the WTO. Wiley-Blackwell Publishing.
 - Witzke, P. et al. (2010). A decomposition approach to assess ILUC results from global modelling efforts. IATRC Symposium, June 26-29 2010. Stuttgart-Hohenheim.
- **CAPRI (Common Agricultural Regionalised Impact Analysis)** ist ein globales, räumliches Modell mit Fokus auf Europa. Es wurde speziell zur Analyse von Maßnahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) und Handelspolitik zu landwirtschaftlichen Produkten entworfen. Es ist als offener Netzwerkansatz konzipiert und die Entwicklung startete in den Jahren 1996-1999 im Rahmen eines EU-Projektes. Gegenwärtig wird es vom Institut für Lebensmittel und Ressourcenökonomie an der Universität Bonn koordiniert und hat zahlreiche Netzwerkmitglieder, darunter der deutsche Partner VTI Braunschweig. CAPRI analysiert eine große Bandbreite an Politiken (aktuell können 60 Unterstützungsmaßnahmen modelliert werden) unter Einbeziehung agro-ökologischer Wechselwirkungen. Es kann sowohl für Untersuchungen der Ökonomie auf EU-Ebene als auch für innerstaatliche Analysen bis hin

zu einer Gruppenebene von landwirtschaftlichen Betrieben eingesetzt werden. Ausführlichere Informationen sind der Website¹⁵ zu entnehmen. Weiterführende Literaturangaben:

- Gocht, A., und Wolfgan, B. EU-wide farm type supply models in CAPRI - How to consistently disaggregate sector models into farm type models. **Journal of Policy Modeling** 33 (1): 146-167
- Tukker, A., de Koning, A., Wolf, O., Bausch-Goldbohm S., Verheijden M., Kleijn R., Pérez-Domínguez, I., Rueda-Cantuche, J.M. (2011). Environmental Impacts of Changes to Healthier Diets in Europe. **Ecological Economics** 70: 1776– 1788.
- Britz W., Perez I. und Heckelei T. (2010). A comparison of CAPRI and SEAMLESS as Integrated Modelling Systems in: Brouwer, F., van Ittersum, M.K. (Eds.)
- **ESIM (European Simulation Model)** ist ein vergleichsweise statisches, Netto-Handel bilanziertes, multi-nationales Modell für den Landwirtschaftssektor. Die Produktion und der Verbrauch von Biokraftstoffen wird für die Jahre ab 2006 berücksichtigt. Das Modell der Universität Hohenheim wurde seit 1994 gemeinsam mit der USDA entwickelt. Banse et al. führten im Jahr 2000 Erweiterungen und technische Anpassungen unter Einsatz von GAMS (General Algebraic Modelling System) durch. ESIM ist mittlerweile mit dem Vegetationsmodell LPJ, dem Farmgruppenmodell FARMIS und dem Energiesystemmodell TIMES PanEU verknüpft. Weiterführende Literatur:
 - Grethe, H., Häger, A., Kirschke, D. und M. Odening (2010). Ertrags- und Preisinstabilität auf Agrarmärkten in Deutschland und der EU: Betriebswirtschaftliche und agrarpolitische Implikationen. In: Rentenbank (Hrsg.) Auswirkungen der Finanzkrise und volatiler Märkte auf die Agrarwirtschaft. Schriftenreihe der Rentenbank Bd. 26, Frankfurt a.M.
- **GLOBIOM (Global Biosphere Management Model)** ist ein globales, rekursiv-dynamisches, Optimierungsmodell mit einer Bottom-up Darstellung der globalen Landwirtschaft, Forstwirtschaft und der Landnutzungsveränderung. Es gehört zum Modellportfolio des IIASA und wird benutzt, um die Landnutzungskonkurrenz zwischen Landwirtschaft, Bioenergie und Forstwirtschaft zu analysieren. Detaillierte Informationen sind online¹⁶ erhältlich. Weiterführende Literaturangaben:
 - Lauri P, Havlik P, Kindermann G, Forsell N, Bottcher H, Obersteiner M (2014). Woody biomass energy potential in 2050. **Energy Policy** 66: 19-31
 - Nelson GC, van der Mensbrugghe D, Ahammad H, Blanc E, Calvin K, Hasegawa T, Havlik P, Heyhoe E, Kyle P, Valin H, Willenbockel D et al. (2014). Agriculture and climate change in global scenarios: Why don't the models agree? **Agricultural Economics** 45(1): 85-101
 - Kraxner F, Nordstrom E-M, Havlik P, Gusti M, Mosnier A, Frank S, Valin H, Fritz S, Fuss S, Kindermann G, McCallum I, Khabarov N, Bottcher H, See L, Aoki K, Schmid E, Mathe L, Obersteiner M (2013). Global bioenergy scenarios - Future forest

¹⁵ www.capri-model.org

¹⁶ www.globiom.org

development, land-use implications, and trade-offs. **Biomass and Bioenergy** 57: 86-96.

- Frank S, Bottcher H, Havlik P, Valin H, Mosnier A, Obersteiner M, Schmid E, Elbersen B (2013). How effective are the sustainability criteria accompanying the European Union 2020 biofuel targets? **GCB Bioenergy** 5(3): 306-314.

5.1.1.3 Weitere Modellierungskonzepte

Die dargestellten gleichgewichtsorientierten Modelle sind in der Regel auf die wirtschaftlichen Bedingungen in einem bestimmten Basisjahr kalibriert. Zur Modellierung wirtschaftlicher Zusammenhänge werden aber auch ökonometrische Ansätze, die auf der Analyse von Zeitreihen basieren, herangezogen. Als Beispiel sei hier **GINFORS (Global Interindustry Forecasting System)** von der GWS benannt, das Exporte und Importe bezogen auf 25 Gütergruppen und Dienstleistungen zwischen 50 Ländern und 2 Regionen erfasst. Für 22 Länder ist die Modellierung detaillierter, wobei auch die Beschäftigungsentwicklung und Energienachfrage abgebildet wird. Bezogen auf Deutschland hat die GWS außerdem rund um das Modell **INFORGE (Interindustry Forecasting Germany)**, das sich an einer makro-ökonometrischen Input-Output-Modellierung orientiert, eine gesamte Modellfamilie entwickelt, die unter anderem auch umweltökonomische Entwicklungen im Blick hat und dadurch die Auswirkungen sektorspezifischer Veränderungen im gesamtwirtschaftlichen Kontext abbilden kann¹⁷.

Ein weiteres wirtschaftsbezogenes Modellkonzept besteht in techno-ökonomischen Optimierungsmodellen, mit denen optimale Produktionsbedingungen bei möglichst geringen Kosten bestimmt werden sollen. Als Beispiel sei hier das Modell **BeWhere** angeführt. Es bestimmt die optimale Größe und geographische Verteilung von Bioenergie-Produktionsanlagen. Es wurde beginnend im Jahr 2006 vom IIASA und der Luleå University of Technology entwickelt. 2010 hat das IIASA Erweiterungen von der lokalen und nationalen Ebene bis hin auf die EU27 Skala vorgenommen. Das Modell berücksichtigt nun auch Holzabfälle, Ernterückstände, lignozelluläre Industrieabfälle und drei unterschiedliche Technologien zur Biokraftstofferzeugung¹⁸.

5.1.2 Umweltmodellierung

In diesem Abschnitt werden Modellierungsansätze dargestellt, die sich direkt mit der Darstellung und Analysen von Abläufen in Natur und Umwelt auseinandersetzen. Auch hier wird oftmals die Aussagekraft von Modellierungsergebnissen nach wie vor durch starke Unsicherheiten in Bezug auf Datenverfügbarkeit und Datenqualität eingeschränkt. Andererseits sind Fernerkundung und Satellitenbeobachtung in den letzten Jahren stark fortgeschritten (vgl. Hansen et al. 2013 für ein Beispiel aus der Forstwirtschaft, in dem Landsat-Daten zu Waldbeständen genutzt wurden). Zudem etablieren sich innovative Beobachtungs- und Auswertungsansätze wie das Crowdsourcing (siehe z. B. die Beschreibung zum Geo-Wiki Projekt im Anhang, Tabelle 7.6).

¹⁷ vgl. <http://www.gws-os.com/de/content/view/53/41/>

¹⁸ Siehe online unter www.iiasa.ac.at/web/home/research/modelsData/Bewhere/BEWHERE1.en.html

5.1.2.1 Biophysikalische Modelle

Biophysikalische Modelle bilden natürliche Prozesse ab, etwa Pflanzenwachstum, Wasserverbrauch, Stoffzyklen (Kohlenstoff, Stickstoff etc.) und viele weitere komplexe Zusammenhänge, die in Umweltsystemen auftreten.

Mit der Modellierung biophysikalischer Prozesse auf globaler wie auf regionaler Ebene sind zahlreiche internationale und deutsche Forschungseinrichtungen befasst (zu Erdsystemmodellen z. B. die Max-Planck-Institute für Meteorologie (Hamburg) und Biogeochemie (Jena), Forschungszentrum Karlsruhe, GKSS-Forschungszentrum (Geestacht), das Potsdam Institut für Klimafolgenforschung, die DLR (Oberpfaffenhofen), Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (Leipzig), u.v.m.). Die folgende beispielhafte Übersicht an Modellen stellt deshalb keine Wertung dar, sondern umreist nur das breite Spektrum an möglichen Modellierungsansätzen.

Am Potsdam Institut für Klimaforschung (PIK) wurde z. B. das **POEM (Potsdam Earth Model)** entwickelt. Es handelt sich hierbei um ein modernes Erdsystemmodell, das ein aktuelles OGCM (Ocean General Circulation Model) und ein Landflächensystem (gekoppelt an das dynamische Vegetationsmodell LPJml, s.u.) enthält, sowie eine hoch aufgelöste statistisch dynamische Beschreibung der Erdatmosphäre ermöglicht. Entsprechende Analysen auf der globalen Ebene tragen zu einem besseren Verständnis der planetaren Grenzen bei. Diesbezüglich ist das International Geosphere-Biosphere Programm (IGBP)¹⁹ eine wichtige Quelle für weitere Informationen. Dieses Programm fördert Projekte wie das "Global Land Project" (siehe Projektliste im Anhang) und Forschungsarbeiten wie "The Great Acceleration" (Steffen et al. 2015).

LPJmL ist ein dynamisches globales Vegetationsmodell (DGVM), das zur Simulation des terrestrischen globalen Kohlenstoffzyklus entwickelt wurde, wobei der Klimawandel und Einflüsse auf die Vegetation Berücksichtigung finden. Ursprünglich wurde LPJmL zwischen 1997-2003 von Wissenschaftlern aus Instituten in Lund, Potsdam und Jena entwickelt. Seit 2005 wird es vom PIK betrieben und aktualisiert. Im Gegensatz zu anderen Modellen kann es auch Kohlenstoff- und Wasserflüsse explizit berechnen. Weiterführende Literaturangaben:

- Müller C., Robertson, R. (2014). Projecting future crop productivity for global economic modeling. **Agricultural Economics** 45: 37-50, doi:10.1111/agec.12088
- Beringer T., Lucht W., Schaphoff S. (2011). Bioenergy production potential of global biomass plantations under environmental and agricultural constraints. **Glob. Change Biol. Bioen.** 3: 299-312.

Ein weiteres DGVM ist das **Jena Diversity-Dynamic Global Vegetation Model (JeDi-DGVM)** vom Max-Planck-Institut für Biogeochemie. Es ist in der Lage, eine große Anzahl von Strategien für das Pflanzenwachstum zu simulieren, die jeweils durch 15 physikalische Merkmale festgelegt werden. Die modellierten globalen biogeochemischen Zusammenhänge

¹⁹ IGBP ist ein internationales Forschungsprogramm, das untersucht, wie die biologischen, chemischen und physikalischen Prozesse der Erde auf der regionalen und globalen Skala interagieren bzw. welche gesellschaftlichen Wechselwirkungen dazu bestehen.

werden mit empirisch gewonnenen Daten abgeglichen, wobei das Protokoll des Carbon-Land Model Intercomparison Projektes²⁰ beachtet wird. Weiterführende Literatur:

- Pavlick, R., Drewry, D. T., Bohn, K., Reu, B., Kleidon, A. (2013). The Jena Diversity-Dynamic Global Vegetation Model (JeDi-DGVM): a diverse approach to representing terrestrial biogeography and biogeochemistry based on plant functional trade-offs. *Biogeosciences*, 10, 4137-4177

Regionale Modelle des PIK sind z. B. **IRMA (Integrated Regional Model Approach)** und **SWIM (Soil and Water Integrated Model)**. Das erste Modell basiert auf einem statistischen Ansatz und simuliert jährliche Schwankungen von Ernteerträgen in Verknüpfung mit Änderungen von Wetterparametern um einen Zusammenhang mit regionalen Klimaveränderungen zu ermitteln. SWIM wurde speziell für Untersuchungen zum Klimawandel und zur Landnutzungsänderung entwickelt, bezogen auf Regionen, in denen die Auswirkungen auf den Wasserhaushalt bereits offenkundig sind und Anpassungsmaßnahmen erfolgen.

EPIC und **EFISCEN** sind Beispiele für weitere regionale Modelle. Das am IIASA entwickelte Modell EPIC vergleicht Managementsysteme für Land und Wälder z. B. hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Wasserverfügbarkeit, Stickstoff- und Phosphorgehalte in Böden und auf die Treibhausgasemissionen. Es untersucht die Beziehungen zwischen Pflanzenwachstum und Erträgen und dabei Umweltwirkungen und Nachhaltigkeitsaspekte.

EFISCEN ist ein Modell des **EFI** zur Erstellung von Prognosen für die Entwicklung von Wäldern. Es wird eingesetzt, um Einblicke in die zukünftige Entwicklung der Wälder Europas in Bezug auf nachhaltige Managementsysteme, Holzproduktion, Klimawandel, natürliche Störungen, Kohlenstoffgleichgewichte etc. zu erhalten.

Es gibt eine Vielzahl an Simulationsmodellen zu Feldpflanzen und Bäumen. Dazu hat die Europäische Kommission das Portal **BioMa (Biophysical Models Applications)** aufgesetzt, das als Softwareframework die Parametrisierung und den Betrieb von biophysikalischen Modellen unterstützt. Es stehen fünf Modellbibliotheken zu Wasser, Pflanzen, Boden, Belastungen und zum Agrarmanagement zur Verfügung. Der Bereich zu den Pflanzen beinhaltet Modelle zur Stimulation des Wachstums, z. B. **CropSyst** (Washington State University)²¹, **WOFOST** (World Food Studies, Wageningen UR)²², **WARM** (Water Accounting Rice Model, JRC)²³ und **STICS** (INRA, France)²⁴. Weitere Informationen sind online²⁵ erhältlich.

²⁰ Es gibt mittlerweile zahlreiche solcher Vergleichsprojekte „model intercomparison projects“ auf internationaler Ebene, die Abgleiche zwischen biophysikalischen Modellen und Daten durchführen, bzw. Kooperationsnetzwerke zwischen Instituten etablieren. Eine umfangreiche (aber nicht vollständige) Übersicht dazu findet sich unter <http://www.wcrp-climate.org/wgcm/projects.shtml#CMIP>.

²¹ http://modeling.bsyse.wsu.edu/CS_Suite_4/CropSyst/index.html

²² <http://www.wageningenur.nl/en/Expertise-Services/Research-Institutes/alterra/Facilities-Products/Software-and-models/WOFOST.htm>

²³ <http://mars.jrc.ec.europa.eu/mars/About-us/AGRI4CAST/Models-Software-Tools/Water-Accounting-Rice-Model-WARM>

²⁴ <http://www.inra.fr/en/Scientists-Students/Agricultural-systems/All-reports/Modelling-and-agrosystems/STICS-an-agronomy-dynamo>

²⁵ <http://bioma.jrc.ec.europa.eu/index.htm>

Als spezielleres Beispiel sei noch das **4C Modell** vom PIK benannt. 4C (FORESt Ecosystems in a changing Environment) ist ein Modell, das physiologische Prozesse von Baumgruppen beschreibt (Lasch et al. 2005)²⁶. Faktoren wie Lichtverhältnisse, Wasser- und Nährstoffzugang innerhalb der Baumgruppe werden berücksichtigt, und eine tägliche Bilanz des Wasser-, Stickstoff- und Kohlenstoffhaushaltes in Abhängigkeit von Boden, Bestand und Wetter gezogen. Mit dem Modell ist es beispielsweise möglich, den Einfluss des Klimawandels auf die Wälder je nach Art der Bewirtschaftung zu analysieren sowie das bioenergetische Potenzial von Kurzumtriebsplantagen einzuschätzen.

5.1.2.2 Landnutzungsmodelle

Ein aktueller Überblick der US National Academy of Sciences (2014) sieht die Aufgabe von Modellen zur Landnutzungsänderung (Land Change models, LCM) in der Beschreibung und Planung der Landnutzung, die bestimmt ist durch die Kultivierung des Menschen oder durch Vegetation, Gestein, Bauten und anderen Materialien, mit denen die Erdoberfläche bedeckt ist. Die Studie stellt fest: „LCMs are a key means for understanding how humans are reshaping the Earth’s surface in the past and present, for forecasting future landscape conditions, and for developing policies to manage our use of resources and the environment at scales ranging from an individual parcel of land in a city to vast expanses of forests around the world” (National Academy of Sciences 2014, S. 1). Die Modelle zur Landnutzungsänderung werden dort in sechs Kategorien gefasst:

- **Statistische Ansätze und maschinelles Lernen** um eine Kalibration bestimmter Zusammenhänge relativ zu Beobachtungen von früheren Landbedeckungen oder Landnutzungsänderung sowie zu räumlichen und zeitlichen Wirkungsvariablen durchzuführen.
- **Zelluläre Ansätze** um Landkarten für geeignete Bodenbedeckungen zu integrieren, die benachbarte Effekte und zukünftige Änderungsplanungen enthalten.
- **Sektorbasierte ökonomische Ansätze** mit Bezug zu PE und CGE Modellen.
- **Räumlich aufgelöste ökonomische Ansätze** um Kausalbeziehungen zu identifizieren, die raumbezogene Gleichgewichte in Landsystemen beeinflussen.
- **Agentenbasierte Methoden** zur Simulation der Entscheidungen von Akteuren in Bezug auf Landnutzungsänderung.
- **Hybride Ansätze**, die unterschiedliche Aspekte zu einem Modellierungssystem zusammenführen.

Es würde den Rahmen dieses Berichtes sprengen, wenn wir all diese Modellierungsansätze (und bestehende Überschneidungen zu ökonomischen Modellzugängen) einer detaillierten Betrachtung zuführen. Es sei deshalb auf weitere Übersichten in Brown et al. (2013) bzw. in Priess und Schaldach (2008) hingewiesen. Auch in Hertel et al. 2007 werden geographische Landnutzungsmodelle beschrieben und insbesondere CLUE²⁷ (Veldkamp und Fresco 1996)

²⁶ www.pik-potsdam.de/~lasch/4c.htm

²⁷ Für weitere Informationen zu CLUE und zugehörigen Modellversionen siehe www.ivm.vu.nl/en/Organisation/departments/spatial-analysis-decision-support/Clue/ sowie Verburg et al. (2011) bzw. van Asselen und Verburg (2013).

und IMAGE (Alcamo et al. 1998) als bedeutsame Beispiele statistischer und regelbasierter Modelle angeführt (das sehr umfassende Modell IMAGE wird im Abschnitt 5.1.3 als Integrated Assessment Modell vorgestellt).

Im Folgenden werden drei Beispiele von Landnutzungsmodellen vorgestellt, die von deutschen Forschungseinrichtungen entwickelt wurden.

- **LandSHIFT (Land Simulation to Harmonize and Integrate Freshwater Availability and the Terrestrial Environment)** ist ein Modellsystem des CESR (Center for Environmental Systems Research, Universität Kassel) zur Simulation von Landnutzungsänderungen, das sowohl die regionale als auch die globale Skala berücksichtigt. Die regionale Version arbeitet mit Rasterzellen in der Größe von 1 km , auf globaler Ebene beträgt die Auflösung 5 Bogenminuten. Simuliert werden unter anderem die Auswirkungen eines steigenden Nahrungsmittelbedarfs auf die Intensivität und Ausdehnung von Nutzflächen unter Berücksichtigung des Klimawandels, Landnutzungskonkurrenzen (insbesondere zwischen dem Anbau von Nahrungsmitteln und Bioenergiepflanzen) oder auch Auswirkungen auf regionale Wasser- und Stoffhaushalte. Weiterführende Literaturangaben:
 - Alcamo, J., Schaldach, R., Koch, J., Kölking, C., Lapola, D., Priess, J. (2011). Evaluation of an integrated land use change model including a scenario analysis of land use change for continental Africa. **Environmental Modelling and Software** 26: 1017-1027
 - Lapola, D.M., Schaldach, R. Alcamo, J. Bondeau, A. Msangi, S. Priess, J.A. Silvestrini, R. Soares-Filho, B.S. (2011). Impacts of climate change and the end of deforestation on land use in the Brazilian Amazon. **Earth Interact** 15: 1–29.
 - Schaldach, R.; Priess, J., Alcamo, J. (2010). Simulating the impact of bio-fuel development on country-wide land-use change in India. **Biomass and Bioenergy** doi:10.1016/j.biombioe.2010.08.048
- **MagPIE (Model of Agricultural Production and its Impact on the Environment)** ist ein globales Landnutzungsmodell des PIK mit einer Ankopplung an LPJmL (s.o.). Das Modell erstellt spezifische Landnutzungs- und Ertragsprofile mit einer räumlichen Auflösung von 0.5°x0.5°. Berücksichtigt werden hierbei ökonomische Bedingungen, technologische Entwicklungen, Produktionskosten und Daten von LPJmL zu potenziellen Ernteerträgen sowie zu Boden- und Wasserbedingungen. Weiterführende Informationen:
 - Bonsch M., Humpenoeder F., Popp A., Bodirsky B., Dietrich JP, Rolinski S, Biewald A., Lotze-Campen H., Weind I., Gerten D., Stevanovic M. (2014). Trade-offs between land and water requirements for large-scale bioenergy production. **Global Change Biology – Bioenergy**. Online available: doi:10.1111/gcbb.12226
 - Humpenöder F, Popp A, Dietrich J, Klein D, Lotze-Campen H, Bonsch M, Bodirsky B, Weindl I, Stevanovic M, Müller C. (2014). Investigating afforestation and bioenergy CCS as climate change mitigation strategies. **Environmental Research Letters** doi:10.1088/1748-9326/9/6/064029

- Schmitz C, Lotze-Campen H, Gerten D, Dietrich JP, Bodirsky B, Biewald A, Popp, A. (2013). Blue water scarcity and the economic impacts of future agricultural trade and demand. **Water Resources Research** 49: 6.
- **ProLand.** Das im Rahmen des DFG-Sonderforschungsbereichs „Landnutzungskonzepte für periphere Regionen“ (vgl. Projektliste im Anhang) entwickelte Modell ProLand ist ein GIS-basiertes und bereits der Bioökonomie zugeordnetes Simulationsmodell. Unter der Annahme risikoneutraler, bodenrentenmaximierender Landnutzung liefert das Modell Prognosen der räumlichen Verteilung land- und forstwirtschaftlicher Landnutzungssysteme sowie zugehöriger sozio- und politökonomischer Kennzahlen. Methodisch betrachtet ist ProLand auch der Kategorie techno-ökonomische Optimierungsmodelle zuzuordnen (vgl. 5.1.1.3).

5.1.3 Integrated Assessment Modelle

Integrated Assessment Modelle (IAMs) beschreiben und bewerten die Zusammenhänge zwischen menschlichen Aktivitäten und Veränderungen in der Umwelt. Hierbei kann es sich um interdisziplinäre und integrative Betrachtungen im Rahmen eines einzelnen Modells handeln oder um verbundene Modelle, die sich auf unterschiedliche Schwerpunkte oder auch Skalen fokussieren bzw. unterschiedlichen Fachbereichen entstammen.

Kelly et al. (2013) stellen in ihrem Übersichtsartikel fünf typische Modellierungsmethoden für das Integrated Assessment im Umweltbereich vor und listen zahlreiche Forschungsaktivitäten, in denen Probleme des Umweltmanagement modelliert wurden (Wassermanagement, Treibhausgasmanagement, Eutrophierung etc.). Die betrachteten Modellierungsansätze sind System Dynamics, agentenbasierte Modellierung, Bayes'sche Netzwerke, gekoppelte Modellierung und wissensbasierte Modellierung. Die angestrebte Integration kann sich hierbei auf die Analyse zusammenhängender Problemstellungen, auf die Integration von Stakeholdern, von Disziplinen, Prozessen und Modellen sowie von zeitlichen und räumlichen Skalen beziehen.

Eine umfassende Betrachtung sozioökonomischer und umweltbeeinflussender Faktoren kann zu sehr komplexen Modellkonstrukten führen. Viele solcher IAM Entwicklungen und Anwendungen sind bezogen auf die Bewertung des globalen Klimawandels und beinhalten CGE oder PE Modelle (vgl. 5.1.1) um die ökonomische Perspektive abzubilden.

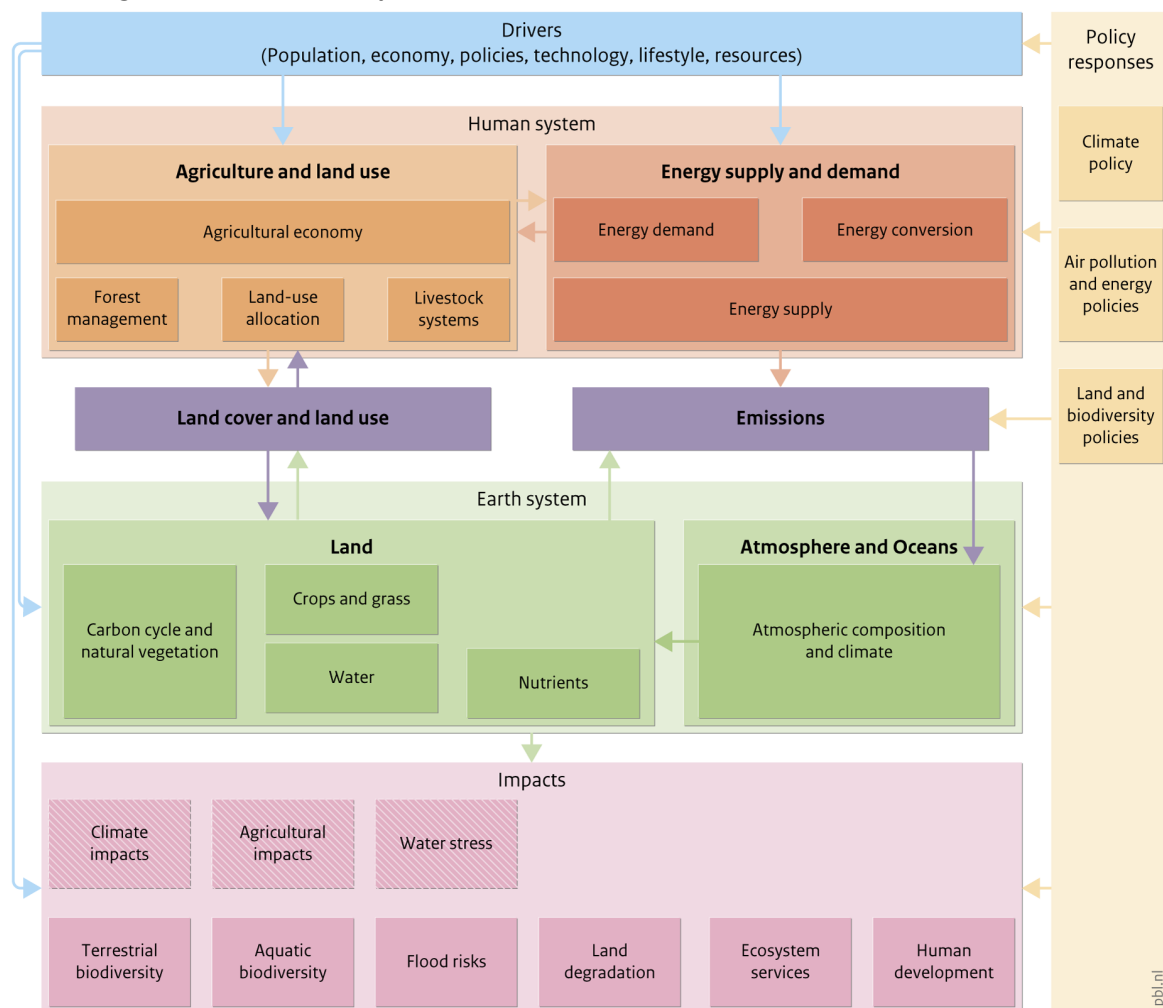
Eines der bekanntesten dieser übergreifenden IAMs ist **IMAGE**, das von der PBL (Netherlands Environmental Assessment Agency) entwickelt wurde. Dieses Modellsystem lässt sich in einen DPSIR Rahmen setzen (vgl. Abb. 5.2) und simuliert weltweite Umweltveränderungen, die durch menschliche Aktivitäten hervorgerufen werden. IMAGE beinhaltet und vernetzt eine Reihe bestehender Modelle, z. B. das agro-ökonomische Modell MAGNET, GLOBIO (für die Biodiversität), FAIR (Klimapolitik) etc.²⁸. Die dritte Version von IMAGE wurde 2014 veröffentlicht und hat zum Ziel die längerfristigen Dynamiken und Wirkungen globaler Veränderungen zu modellieren, die durch demographische,

²⁸ vgl. http://themasites.pbl.nl/models/image/index.php/Computer_models_overview

technologische, ökonomische, soziale, kulturelle und politische Faktoren hervorgerufen werden. Weiterführende Literaturangaben:

- Von Lampe et al. (2014). Why do global long-term scenarios for agriculture differ? An overview of the AgMIP Global Economic Model Intercomparison. Agricultural Economics, Special Issue on Global Model Intercomparison
- D. P. van Vuuren, J. van Vliet, E. Stehfest (2009). Future bio-energy potential under various natural constraints. **Energy Policy**.
- PBL (2010). Rethinking global biodiversity strategies.

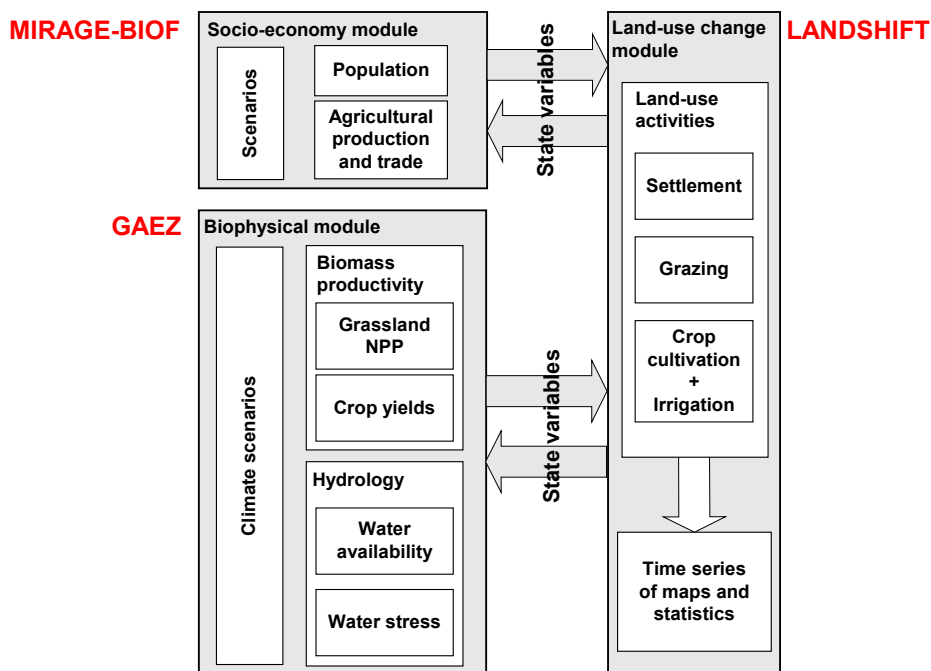
Abbildung 5.2 Rahmenkonzept für das IMAGE 3.0 Modell



Quelle: PBL 2014: <http://themasites.pbl.nl/models/image/index.php>

Viele Integrated Assessment Modelle entstehen im Rahmen von Verbundforschungsprojekten, so z. B. auch das gekoppelte Gesamtmodell im Projekt **GoViLa** (siehe auch Projektliste im Anhang, Tabelle 7.6). In der Abb. 5.3 ist die Vernetzung der verwendeten Modellierungsmodule dargestellt: Sozioökonomische Modellierung durch die Biokraftstoffversion von MIRAGE, Landnutzung durch das LANDSHIFT-Modell und die Modellierung biophysikalischer Zusammenhänge mit Hilfe des Global Agro-ecological Zones Systems (GAEZ) vom IIASA.

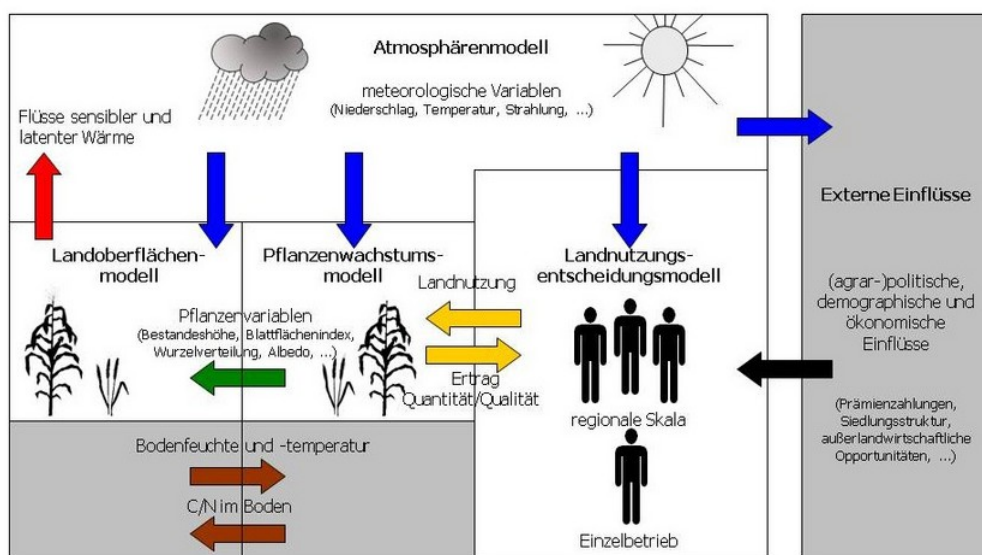
Abbildung 5.3 Modellkopplung zwischen MIRAGE, GAEZ und LANDSHIFT im GoViLa Projekt



Quelle: Schaldach und Koch 2009

Ein weiterer integrativer Modellansatz wurde in der DFG-Forschergruppe „Regionaler Klimawandel“ entwickelt, an der die Universität Hohenheim, das Helmholtz-Zentrum München und die Justus-Liebig-Universität Gießen beteiligt sind. Hierbei werden regionale Klimamodelle, Flächen und Pflanzenwachstumsmodelle mit agentenbasierten Entscheidungssystemen zu einem **integrierten Landsystemmodell** zusammengeführt (vgl. Abb. 5.4). Im Rahmen sozioökonomischer Szenarien und möglicher Anpassungsprozesse sollen Entwicklungsprognosen bezogen auf regionale Agrarlandschaften bis zum Jahr 2030 abgeleitet werden.

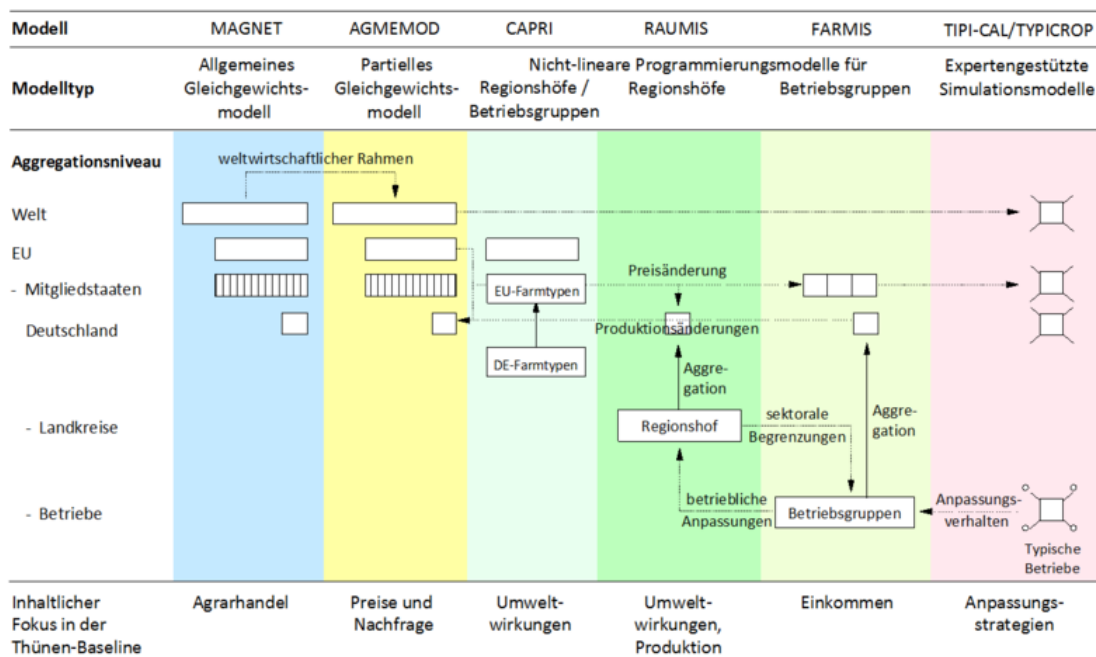
Abbildung 5.4 Integriertes Landsystemmodell



Quelle: Universität Hohenheim: <https://klimawandel.uni-hohenheim.de/start>

Ein wichtiger konzeptioneller Bezugspunkt für eine integrative Bewertung sind skalenübergreifende Betrachtungen. Beispielsweise ist der Modellverbund des Thünen Institutes strukturell darauf ausgelegt unterschiedliche Entscheidungsebenen (von der betrieblichen bis zur globalen Ebene) abzubilden und miteinander zu verknüpfen (vgl. Abb. 5.5). Verwendet werden hierbei ökonomische Simulationsmodelle und Umweltinformationssysteme um agrarpolitische Entscheidungen auf globaler wie regionaler Ebene abzuschätzen.

Abbildung 5.5 Struktur des Thünen-Modellverbundes

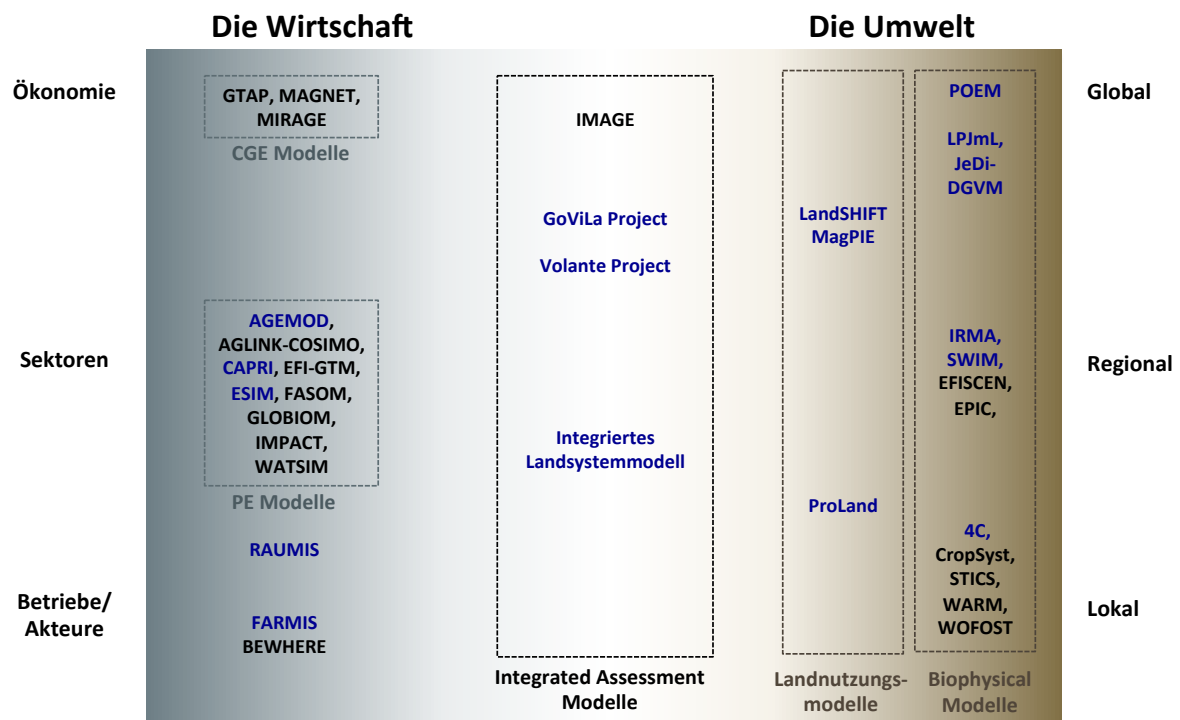


Quelle: Thünen-Institut: <https://www.ti.bund.de/de/infrastruktur/thuenen-modellverbund/>

Abschließend seien noch die unterschiedlichen Möglichkeiten dargestellt, wie Modelle zur Durchführung eines Integrated Assessments zusammenwirken können. Wicke et al. (2014) nehmen hierzu eine Einteilung in drei Gruppen vor: (1) Abgleich und Harmonisierung von Modellen nach entsprechenden Eingabedaten und Szenariodefinitionen; (2) Modellvergleiche, um systematisch Methoden, Sensitivitäten, Annahmen und Ergebnisse zu analysieren; (3) die Verbindung oder Integration von Modellen über eine starke (iterativ abgestimmter und konsistenter Informationsaustausch zwischen Lösungsroutinen in den Modellen) oder schwache Kopplung (einfache Übernahme von Modellierungsergebnissen als Input in ein anderes Modell). Der dritte Bereich, insbesondere die starke Kopplung, weist die höchste Rechenintensität und Komplexität des Forschungsdesigns auf und ist dementsprechend anspruchsvoll und zeitaufwändig.

Die folgende Abbildung (Abb. 5.6) eröffnet nochmals einen Überblick auf die diskutierten Modellierungsansätze und nimmt eine thematische und skalenbezogene Zuordnung anhand von Modellbeispielen vor.

Abbildung 5.6 Modelltypen für die Modellierung der Bioökonomie im Überblick



Dargestellt sind nur die im Text beschriebenen Beispiele. Modelle von deutschen Forschungsgruppen sind blau markiert.

5.1.4 Herausforderungen und Leitlinien zur Modellierung der Bioökonomie

Der Überblick zur Modellierung bioökonomischer Zusammenhänge zeigt eine große Vielfalt an Modellierungsansätzen auf. Manche davon sind eher zu hoch aggregiert (etwa CGE-Modelle) um komplexe Interaktion in der Bioökonomie z.B. in Bezug auf Landnutzungskonflikte zu beschreiben, wieder andere betrachten oftmals nur spezielle ökonomische oder ökologische Aspekte. Andererseits gibt es zahlreiche integrative Ansätze, die versuchen, diese Aspekte zusammenzuführen, um eine Bewertung zu ermöglichen, die alle Einflussfaktoren berücksichtigt. Solche Integrated Assessment Modelle werden für die Einschätzung der wirtschaftlichen und ökologischen Wirkungen der Bioökonomie von großer Bedeutung sein, wobei das DPSIR Konzept (vgl. Abb. 5.1) hier den Rahmen für die abzubildenden Zusammenhänge vorgeben kann.

Zu beachten ist hierbei allerdings, dass diese Modelle sehr komplex sind, Annahmen und Vereinfachungen treffen müssen, und auf so manche Spezifikation verzichten müssen. Hinzu kommt die oftmals lückenhafte oder unzuverlässige Datenlage, die als Grundlage in die Modellierung eingeht. Je nach betrachtender Fragestellung sollte man sich also nicht auf ein einzelnes IAM verlassen, sondern durchaus mehrere integrative wie auch spezialisierte Modellansätze einbeziehen sowie die Modelle selbst vergleichen und einer Bewertung unterziehen.

Hierzu wäre eine Orientierung an der vielbeschworenen aber bislang kaum praktizierten **Good Modelling Practice** sehr hilfreich, vgl. Jakeman et al. (2006) und die Übersicht in Schmolke et al. (2010). Jakeman et al. schlagen ein iteratives Konzept für die

Modellentwicklung vor, das folgende Schritte umfasst, die mehrfach aufgegriffen werden sollen, um ein Modell sukzessive zu verbessern:

1. Definition der Zielsetzung des Modells.
2. Spezifikation der Ziele und Modellanforderungen.
3. Konzeptualisierung des Systems, Spezifizieren von Daten und Vorwissen.
4. Bestimmung passender Modelleigenschaften/-typen, Umgang mit Unsicherheiten.
5. Vorgehen, um struktureller Zusammenhänge und Parameterwerte zu bestimmen.
6. Auswahl von Kriterien und Techniken für Parameterabschätzungen.
7. Identifikation der Modellstruktur und Parameterwerte (auf Basis der Punkte 4-6).
8. Verifikation des Modellsystems inkl. Probeläufe.
9. Quantifizierung der Unsicherheiten.
10. Evaluation und Überprüfung des Modells.

Im letzten Punkt sollen auch Vergleiche zu anderen Modellen, Algorithmen, Analyse- und Bewertungsmethoden etc.) gezogen werden. Im Idealfall liegen zudem verlässliche Daten vor, die nicht ins Modell aufgenommen wurden und mit denen die Modellergebnisse abgeglichen werden können. Dies ist aber in vielen Fällen, vor allem wenn zukünftige Entwicklungen und Folgen beschrieben werden sollen, nicht gegeben. Jakeman et al. schlagen deshalb eine Eignungsbewertung des Modells relativ zur Zielstellung und bezogen auf die Transparenz der Modellentwicklung als weitere Evaluationskriterien vor.

Gerade bei der **Transparenz** besteht bei vielen IAMs noch Nachholbedarf. Oft ist es anderen Experten, Stakeholdern und Entscheidungsträgern kaum möglich, die Validität der Modellergebnisse, getroffene Annahmen und Modelleigenschaften substantiell einzuschätzen.

Ein weiterer und damit verbundener Aspekt ist die partizipative Einbeziehung von Nicht-Modellierern in den Modellierungsprozess, der bislang wenig systematisch und unzureichend praktiziert wird. Dies wird auch in Jakeman et al. (2006) und Schmolke et al. (2010) gefordert bzw. festgestellt. Die **Partizipation** anderer Akteure am Modellierungsprozess kann vielfältige Mehrwerte mit sich bringen: Mehr Transparenz, frühzeitiges Erkennen von Anpassungs- und Korrekturbedarf beim Modellaufbau sowie neue Einsichten und Testmöglichkeiten durch Planspiele, die mit ersten Modellprototypen durchgeführt werden. Des weiteren können quantitative Einschätzungen von Experten/Stakeholdern zu Datensätzen, Parametern und funktionalen Zusammenhängen dazu beitragen, bestehende Unsicherheiten insbesondere bei der Datenlage zu reduzieren. Qualitative Einschätzungen externer Akteure können zudem genutzt werden, um Konsistenzkriterien, Gültigkeitsbereiche und abgleichende Entwicklungstrendlinien für die Modellierung zu definieren.

Der **Umgang mit Unsicherheiten**, die nicht weiter reduziert werden können, ist bei der Modellierung ein sehr wichtiger Punkt. Hier ist es wiederum wichtig, Transparenz zu gewährleisten und außerdem Zusammenhänge für mögliche Konsistenzprüfungen zu

erschließen, Sensitivitätstests durchzuführen und zu prüfen, ob wahrscheinlichkeitstheoretische Aussagen abgeleitet werden können, die relevante Aussagen im Sinne der Aufgabenstellung ermöglichen.

Eine zentrale Rolle kann hierbei eine Rahmensetzung durch die Szenarioanalyse einnehmen. Sie ist ja auf die Analyse möglicher Zukünfte ausgerichtet, und kann schon allein durch die Definition unterschiedlicher Szenarien, die beschrieben bzw. modelliert werden sollen, eine Struktur vorgeben, die einen systematischen und eingrenzenden Umgang mit Unsicherheiten ermöglicht. Dies sollte also bei zukunftsgerichteten und entscheidungsorientierten Fragestellungen und Modellierungsaufgaben innerhalb der Bioökonomie mit berücksichtigt werden.

Relevanz für das Monitoring

Grenzt man den Komplex der Modellierung auf das Gesamtziel eines Monitorings der bioökonomischen Landschaft ein, so ist es wichtig, dass sich die Modelle an Bewertungsmaßstäben bzw. Indikatoren orientieren, die für das Monitoring relevant sind. Eine solche inhaltliche Fokussierung fehlt bislang bei den Modellen und sollte entlang des oben beschriebenen Schemas für eine Good Modelling Practice angegangen werden. Hierbei können durchaus die bestehenden IAMs und fokussierten Modelle einbezogen werden, schon allein um eine gute vergleichende Grundlage zu schaffen. Ein entsprechendes Konzept auf Basis der Definition eines geeigneten Indikatorensystems in Verbindung mit anzustrebenden Nachhaltigkeitszielen muss allerdings erst noch konkretisiert und entwickelt werden.

Ergänzend dazu wäre es zu empfehlen, die Entwicklung eines übergreifenden aber wesentlich einfacheren Modells, anzustreben, das die Rolle eines **Meta-Modells** einnimmt (vgl. Maier et al. 2008, S. 79). Der Aufbau eines Meta-Modells erfordert zunächst viel konzeptionelle Arbeit, damit es seine eigentliche Funktion, nämlich als Ersatz oder Alternative für komplexe und rechenzeitintensive Simulation zu fungieren, wahrnehmen kann. Es dient zudem als übergeordnetes Abgleichs- und Referenzsystem für Aussagen, die mit den anderen Modellierungsansätzen gewonnen wurden. Ein solches Meta-Modell könnte auf Basis von System Dynamics und rund um die Indikatoren, die als zentrale Bezugspunkte fungieren, entwickelt werden. Es sollte die Indikatoren, die auf Mikro, Meso- und Makro-Skala der Bioökonomie zugeordnet werden, darstellen und dynamisch untereinander sowie mit Zielvorgaben zu einer nachhaltigen Bioökonomie verknüpfen.

Die Indikatoren wären also selbst die strukturellen Modellbausteine, wodurch eine Metarepräsentation komplexerer zugrundeliegender physikalischer und ökonomischer Zusammenhänge, worauf sich ja die anderen dargestellten Modelltypen direkt beziehen, ermöglicht wird. Die oben beschriebenen Qualitätsansprüche an eine Modellierung sind selbstverständlich auch für die Entwicklung des Meta-Modells anzusetzen.

5.2 Ein systemisches Konzept für das Monitoring der Bioökonomie

Im vorangehenden Abschnitt wurde bereits dargestellt, wie mit Hilfe von Modellierungsverfahren eine systemische Betrachtung der Bioökonomie angegangen werden kann. Die IAMs sind durch ihre integrative Herangehensweise per se systemisch ausgerichtet. Sie können zusammen mit spezifischeren Modellansätzen und einem übergreifenden **Meta-Modell**, das sich unmittelbar auf ausgewählte Indikatorensätze bezieht, die erforderliche Breite und Ausdifferenzierung für ein Monitoring der Bioökonomie gewährleisten.

Zahlreiche systemische Wirkungen sind hierbei zu berücksichtigen. Seien es gesamte Wertschöpfungs- und Prozessketten, die Auswirkungen auf den Verbrauch bestimmter (abiotischer) Rohstoffe, Energie- und CO₂-Bilanzen, Arbeitsplätze etc. oder auch Landnutzungsveränderungen und damit verbundene Umweltwirkungen und Nutzungskonflikte. Hierzu ist es erforderlich **interdisziplinäre Kompetenz** miteinander zu verknüpfen sowie einen **transdisziplinären partizipativen Rahmen** zu schaffen, der eine Einbindung von Stakeholdern mit entsprechenden Interessenslagen ermöglicht. Oben wurde aufgezeigt, dass dies durchaus auch im Kontext der Modellierung von Nutzen sein kann.

Weiterhin sollte eine systemische Betrachtung der Bioökonomie unterschiedliche Skalen berücksichtigen und eine **skalenübergreifende Analyse** ermöglichen. Lokale, regionale, nationale und globale Blickwinkel fokussieren oftmals auf unterschiedliche Problemlagen und Lösungsansätze. Diese können dann wiederum andere Wirkungen und Bewertungen bezogen auf die gleiche oder/und eine andere Skala nach sich ziehen (etwa Problemverlagerungen ins Ausland oder lokale Einflüsse auf die Biodiversität bzw. biophysikalische Kreisläufe im globalen Maßstab). Außerdem ist es aus Konsistenzgründen wichtig, hochskalierte Ergebnisse aus „Bottom-up“ Betrachtungen mit denen aus „Top-down“ Zugängen miteinander in Einklang zu bringen. Dies ist auch im Bereich der Modellierung noch immer eine große Herausforderung, wie z.B. der Überblick von Creutzig et al. (2012) aufzeigt. Sie stellen bestehende Konflikte zwischen Top-down-Modellierungen (mit IAMs, die primär auf die Abschwächung des Klimawandels abzielen) und Bottom-up-Zugängen (basierend auf Lebenszyklusanalysen) bezüglich der Abschätzung von Potenzialen der Bioenergie fest.

Ein weiterer systemrelevanter Skaleneffekt, der für das Monitoring der Bioökonomie große Relevanz besitzt, ist die **Beobachtung von Innovationsprozessen**. Diese entstehen in der Regel auf der Mikroskala, um sich entsprechend vorliegender gesellschaftlicher, wirtschaftlicher und politischer Rahmenbedingungen auf höhere Skalen auszubreiten. Das modellgestützte Monitoring kann dazu beitragen, innovative Ansatzpunkte im Bereich der Bioökonomie zu identifizieren und fördernde bzw. hemmende Rahmenbedingungen für deren Weiterentwicklung und Umsetzung zu erkennen.

Das Monitoring der Bioökonomie sollte aber nicht alleine auf Basis von Modellierungen aufgesetzt werden. Hier sind weitere analytische Methoden erforderlich, seien es Delphi-Studien, Literaturanalysen, multikriterielle Analysen, Stoffstrom- und Lebenszyklusanalysen u.v.m., die aber auch mit Modellierungsansätzen kombiniert bzw. darin integriert werden

können. Wichtig ist es zunächst vor allem geeignete Indikatorensätze zu bestimmen, die auf relevante Entwicklungsziele der Bioökonomie bezogen werden können und die auch denkbare Reboundeffekte und Nutzungskonflikte abzubilden vermögen. Hierfür wie auch zur Modellierung sollte das **DPSIR-Konzept** (s.o.) als übergreifendes und strukturbildendes Wirkungssystem genutzt und für die Bioökonomie weiter ausdifferenziert werden.

Aber auch die Modellierung selbst kann zur Indikatorentwicklung wesentliche Beiträge liefern, indem z. B. bestimmte Indikatorensätze und damit verbundene Monitoringstrategien über Modelle simuliert, erprobt und bei Bedarf neu angepasst werden (lernfähiges Monitoring-System). Das rekursive Durchlaufen des unter 5.1.4 dargestellten Ablaufschemas für eine Good Modelling Practice würde sich hierfür als passendes Rahmenkonzept anbieten.

Für die Entwicklung eines Monitoring-Systems zur Bioökonomie bedeutet dies, dass eine große Zahl an Indikatoren und Methoden bezogen auf bestimmte Forschungsfrage und politischen Zielstellungen zum Einsatz kommen müssen. Hierbei stellt sich die Frage, mit welchen Indikatoren eine systemische Perspektive, die ökonomische und ökologische Dimensionen abbildet, am besten dargestellt werden kann – und zwar ohne das Monitoring zu überladen und intransparent zu werden.

Wir schlagen deshalb vor, eine Grundstruktur für das Monitoring auf Basis eines „**Dashboard**“-Ansatzes aufzubauen, in dem Schlüsselindikatoren und Ziele berücksichtigt werden. Die berücksichtigten Ziele und Indikatoren können je nach Daten- und Erkenntnislage aktualisiert und überarbeitet werden, wobei der Kerngehalt des Monitorings darin bestehen sollte, die nachhaltige Entwicklung der Bioökonomie innerhalb vertretbarer Leitplanken zu überprüfen und Entwicklungsmöglichkeiten aufzuzeigen. Damit wird auch die Notwendigkeit für weitere Entwicklungen im Bereich der Materialflussanalyse (insb. zu den Fußabdrücken), sowie ein besseres Verständnis von natürlichen Systemen (insb. um das „Safe Operating Space“ Konzept weiterzuentwickeln) betont.

Weitere Hauptindikatoren für das „Dashboard“-Format, könnten sich auf besonders politikrelevante Fragestellungen beziehen, z. B. auf die Größe der Bioökonomie, der dadurch generierten Arbeitsplätze oder auf sich entwickelnde Innovationsprozesse. Es sollte jedenfalls nicht als einfache und statische Sammlung von Indikatoren angesehen werden. Vielmehr stellt das „Dashboard“ ein Informationsinstrument dar, das einen schnellen, informativen und möglichst präzisen Überblick auf die Nachhaltigkeit, Performance und Potenziale der deutschen Bioökonomie ermöglicht.

Es wird empfohlen, den dargestellten „Dashboard“-Ansatz zu verfolgen, anstatt einen gewichtet zusammengesetzten Indikator, also einen „bioeconomy impact factor“ anzustreben. Auch wenn natürlich in das „Dashboard“ multikriteriell gewichtete Indikatoren eingehen können, bleibt doch festzuhalten, dass die Komplexität der Bioökonomie und die damit verbundenen systemischen Wirkungen nicht durch eine einzelne zusammengesetzte Kennzahl zum Ausdruck gebraucht werden können.

5.3 Kernbotschaften und Empfehlungen

- Verschiedene Modelle und Modelltypen sollten als Baukasten für ein Monitoring der Bioökonomie eingesetzt und miteinander verglichen werden. Hierbei nehmen die IAMs mit ihrer systemischen Perspektive eine zentrale Rolle ein, indem sie die Zusammenhänge, Rückwirkungen und Zielkonflikte zwischen ökonomischen und ökologischen Systemen analysieren.
- Die Entwicklung eines übersichtlichen, indikatorbasierten und ebenfalls systemisch konzipierten Metamodells wird empfohlen. Es beschreibt und vernetzt die Bezugspunkte des Monitorings und dient als übergreifendes Abgleichs- und Referenzsystem für die anderen Modellierungsansätze.
- Alle Modellierungsansätze sollten entlang von Kriterien einer Good Modelling Practice weiterentwickelt werden. Hierbei ist insbesondere auf Transparenz, Partizipation und den Umgang mit Unsicherheiten zu achten.
- Weitere analytische Methoden sind für das Monitoring einzusetzen bzw. mit der Modellierung zu kombinieren. Zunächst gilt es, für das Monitoring ein passendes Indikatoren- und Zielsystem (auf Mikro-, Meso- und Makroebene) zu errichten und die damit verbundene Datenlage zu optimieren.
- Für eine systemische Betrachtung sind zudem geeignete Rahmenkonzepte (insb. das DPSIR-Konzept) einzusetzen sowie inter- und transdisziplinäre Kompetenzen einzubinden.
- Es wird empfohlen, ein Indikatorensystem in Form eines „Dashboards“ zu entwickeln, um die systemischen Zusammenhänge adäquat zu reflektieren. Die Aussagekraft eines einzelnen „bioeconomy impact factor“ wird als zu undifferenziert und eingeschränkt erachtet.
- Nur eine systemische Perspektive (unterstützt durch das dargestellte Modellierungskonzept) kann zu einem aussagekräftigen Monitoring der Bioökonomie inklusive der Abbildung von Innovationsprozessen führen. Davon ausgehend kann analysiert werden, wie verschiedene sektorielle und sektorübergreifende politische Ziele sowie ökologische und soziale Standards konsistent und ohne Problemverlagerungen zu erreichen sind.

6 Literatur

- Adams, D.M., R.J. Alig, J.M. Callaway, B.A. McCarl, and S.M. Winnett (1996). "The Forest and Agriculture Sector Optimization Model (FASOM): Model Structure and Policy Applications." USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, Oregon. Research Paper PNW-RP-495. 60 p.
- Alcamo, J., E. Kreileman, M. Krol, R. Leemans, J. Bollen, J. van Minnen, M. Schaeffer, S. Toet, and H.J.M. de Vries (1998). Global modeling of environmental change: an overview of IMAGE 2.1, in J. Alcamo, R. Leemans, and E. Kreileman, Global change scenarios of the 21st century. Results from the IMAGE 2.1 model. Elseviers Science, London.
- Arnold, K.; Bienge, K.; von Geibler, J.; Ritthoff, M.; Targiel, T.; Zeiss, C.; et al. (2009): Klimaschutz und optimierter Ausbau erneuerbarer Energien durch Kaskadennutzung von Biomasse - Potenziale, Entwicklungen und Chancen einer integrierten Strategie zur stofflichen und energetischen Nutzung von Biomasse. Wuppertal Report (Bd. 5). Wuppertal.
- Arto, I., Genty, A., Rueda-Cantuche, J. M., Villanueva, A., and Andreoni, V. (2012). Global Resources Use and Pollution: Vol. I, Production, Consumption and Trade (1995-2008). EUR 25462. European Commission Joint Research Centre, Luxembourg.
- Bhattacharyya, S. and G. Timilsina (2010). A review of energy system models. **International Journal of Energy Sector Management** 4(4): 494-518.
- BMBF (2010). Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030: Unser Weg zu einer biobasierten Wirtschaft. Bundesministerium für Bildung und Forschung, Referat Bioökonomie, Bonn, Berlin.
- BMBF (2014). Wegweiser Bioökonomie: Forschung für biobasiertes und nachhaltiges Wirtschaftswachstum. Bundesministerium für Bildung und Forschung, Referat Bioökonomie, Berlin
- BMEL und BMBF (2014). Bioökonomie in Deutschland - Chancen für eine biobasierte und nachhaltige Zukunft. Bonn, Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung; Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft.
- BMEL (2013). Politikstrategie Bioökonomie: Nachwachsende Ressourcen und biotechnologische Verfahren als Basis für Ernährung, Industrie und Energie. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Referat 531 – Strategie und Koordinierung der Abteilung „Biobasierte Wirtschaft, Nachhaltige Land- und Forstwirtschaft“, Berlin.
- Bringezu, S., van de Sand, I., Schütz, H., Bleischwitz, R., and Moll, S. (2009). Analysing global resource use of national and regional economies across various levels. In: Bringezu, S. and R. Bleischwitz (eds). Sustainable Resource Management: Global Trends, Visions and Policies. Greenleaf Publisher
- Bringezu, S., O'Brien, M., and Schütz, H. (2012). Beyond biofuels: Assessing global land use for domestic consumption of biomass. A conceptual and empirical contribution to sustainable management of global resources. **Land Use Policy** 29: 224– 232.
- Brown DG, Verburg PH, Pontius Jr RG, Lange MD. 2013. Opportunities to improve impact, integration, and evaluation of land change models. **Current Opinion in Environmental Sustainability** 5: 452-457.

- Burrell, A., Ferrari, E., Gonzalez Mellado, A., Michalek, J. (2012). EU market access for agricultural products in the Doha Development Round: A sensitive issue. Paper presented at the 28th IAAE Conference, Foz do Igauçu, Brazil, 18-24 August 2012.
- Carus, M., Carrez, D., Kaeb, H., Ravensteijn, J., Venus, J. (2011). Level playing field for bio-based chemistry and materials. Policy paper. Nove-Institute, Huerth/Germany
- Cherubini F., et al. (2011). CO₂ emissions from biomass combustion for bioenergy: atmospheric decay and contribution to global warming. **Global Change Biology Bioenergy** 3: 413–426
- Creutzig, F., Popp, A., Plevin, R., Luderer, G., Minx, J., and Edenhofer, O. (2012). Reconciling top-down and bottom-up modelling on future bioenergy deployment. **Nature Climate Change**. DOI: 10.1038/NCLIMATE1416
- Deardorff, A.V. and Stern, R.M. (1986). The Michigan Model of world production and trade: theory and applications. Cambridge: MIT Press.
- Dornburg, V., and Faaij, A. (2005). Costs and CO₂-emission reduction of biomass cascading: Methodological aspects and case study of SRF poplar. **Climatic Change** 71: 373-408.
- EK (2012). Innovation für nachhaltiges Wachstum: eine Bioökonomie für Europa. COM(2012)60. Europäische Kommission, Brüssel.
- Essel, R. and Carus, M. (2014). Increasing resource efficiency by cascading use of biomass. **RURAL21** 48(3): 28-29.
- EU (2010). Impacts of the EU Biofuel Target on Agricultural Markets and Land Use: A comparative modelling assessment. Burrell, A. (ed.) JRC-IPTS.
- EU (2012). An integrated modelling platform for agro-economic commodity and policy analysis (iMAP): a look back and the way forward. Prepared by M'barek, R., Britz, W., Burrell, A., and Delince, J. (eds). JRC Scientific and policy report.
- FAO (1993). World food model supplement to the FAO agricultural projections to 2050. Rome, FAO.
- Goh, C.S., Junginger, M., Faaij, A.P.C., (2013). Monitoring sustainable biomass flows: General methodology development, **Biofuels, Bioproducts & Biorefining**, DOI: 10.1002/bbb.1445
- Gurgel, A., Reilly, J. M. and Paltsev, S. (2007). Potential Land Use Implications of a Global Biofuels Industry. **Journal of Agricultural & Food Industrial Organization** 5(2).
- Hansen MC, Stehman SV and Potapov PV (2010). Quantification of global gross forest cover loss. *Proc Natl Acad Sci USA* 107:8650–8655
- Hertel, T.W. (1997). Global trade analysis: modeling and applications. Cambridge University Press.
- Hertel, T.W., Rose, S. and Tol, R.S.J. (2008). Land use in Computable General Equilibrium Models: An Overview (2007). GTAP Working Paper 39.
- Jakeman, A.J., Letcher, R.A., Norton, J.P. (2006). Ten iterative steps in development and evaluation of environmental models. **Environmental Modelling and Software** 21(5), 602–614.
- Jomini, P. et al. (1991). Salter: a general equilibrium model of the world economy. Canberra, Industry Commission.

- Keegan, D., Kretschmer, B., Elbersen, B., and Panoutsou, C. (2013). Cascading use: A systematic approach to biomass beyond the energy sector. **Biofuels, Bioproducts & Biorefining** 7: 193-206.
- Kelly, R.A., Jakeman, A.J., Barreteau, O., Borsuk, M.E., ElSawah, S., Hamilton, S.H., Henriksen, H.J., Kuikka, S., Maier, H.R., Rizzoli, A.E., van Delden, H., Voinov, A.A. (2013). Selecting among five common modelling approaches for integrated environmental assessment and management. **Environmental Modelling and Software** 47: 159-181.
- Kuemmerle T, Erb K, Meyfroidt P, Müller D, Verburg PH, Estel S, Haberl H, Hostert P, Jepsen MR, Kastner T, Levers C, Lindner M, Plutzer C, Verkerk PJ, van der Zanden EH, Reenberg A. (2013). Challenges and opportunities in mapping land use intensity globally. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5: 484-493
- Kuhn, A. (2003), **From World Market to Trade Flow Modelling—The Re-Designed WATSIM Model**, Final report, Institute of Agricultural Policy, Market Research and Economic Sociology.
- Laborde, D. (2011). Assessing the Land Use Change Consequences of European Biofuel Policies. International Food Policy Research Institute. Washington D.C., U.S.A.
- Maes, J. et al. (2013). Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. An analytical framework for ecosystem assessments under action 5 of the EU biodiversity strategy to 2020. Publications office of the European Union, Luxembourg
- Maier, H.R., Ascough II, J.C., Wattenbach, M., Renschler, C.S., Labiosa, W.B., Ravalico, J.K., 2008. Uncertainty in Environmental Decision Making: Issues, Challenges and Future Directions. In: Jakeman, A.J., Voinov, A.A., Rizzoli, A.E., Chen, S.H. (Eds.), *Environmental Modelling, Software, and Decision Support – State of the Art and Future Perspectives. Developments in Integrated Environmental Assessment. Vol. 3.* Elsevier, Dordrecht.
- McDonald, S., Thierfelder, K. and Robinson, S. (2007). *Globe: A SAM Based Global CGE Model using GTAP Data*. Economics Working Paper 14, US Naval Academy, Annapolis, USA.
- Meesters, K and J. van Dam (2013). Protocol monitoring biobased economy. FBR Wageningen UR.
- Mekonnen, M.M. and A.Y. Hoekstra (2011) National water footprint accounts: the green, blue and grey water footprint of production and consumption, Value of Water Research Report Series No. 50, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- Msangi et al. (2014). Operational relationship between analytical tools available in the framework. SAT-BBE Deliverable 3.1. Project supported by the European Commission.
- National Academy of Sciences (2014). Advancing land change modeling: opportunities and research requirements. The National Academic Press, Washington DC.
- O'Brien M., Schütz, H. and Bringezu S. (forthcoming). The land footprint of the EU bioeconomy: monitoring tools, gaps and needs. Submitted to the journal *Land Use Policy*/minor revisions needed
- O'Brien, M. et al. (2014). Tools for evaluating and monitoring the EU bioeconomy: Indicators. Deliverable 2.2 of the SAT-BBE project. Supported by the European Commission.
- Paltsev, S., J. Reilly, H. Jacoby, R. Eckaus, J. McFarland, M. Sarofim, M. Asadoorian and M. Babiker (2005). The MIT Emissions Prediction and Policy Analysis (EPPA) Model: Version 4." MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, Report 125, Cambridge, Massachusetts, USA.

- Priess JA, and Schaldach R. (2008). Integrated Models of the Land System: A Review of Modelling Approaches on the Regional to Global Scale. **Living Reviews in Landscape Research** 2.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F.S., Lambin, E.F., Lenton, T.M., Scheffer, M. Folke, C., Schellnhuber, H.J., Nykvist, B., de Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P., and Foley, J.A. (2009a). A safe operating space for humanity. **Nature** 461: 472-475.
- Rosegrant, M.W., C. Ringler, S. Msangi, S.A. Cline and T.B. Sulser (2005), **International Model for Policy Analysis of Agricultural Commodities and Trade (IMPACT-WATER): Model Description**, International Food Policy Research Institute, Washington, D.C.,
- Sands, R.D. and M.Leimbach (2003), 'Modeling agriculture and land use in an integrated assessment framework', **Climatic Change**, **56**, 185-210.
- Sands, R.D. and J.A.Edmonds (2005), 'Climate Change Impacts for the Conterminous USA: An Integrated Assessment', **Climatic Change**, **69**, 127-150.
- Schaldach, R. and Koch, J. (2009). Conceptual design and implementation of a model for the integrated simulation of large-scale land-use systems. I.N. Athanasiadis, P.A. Mitkas, A.E. Rizzoli & J. Marx-Gómez (eds.) *Information Technologies in Environmental Engineering*, Springer Berlin, Heidelberg, p. 425-438.
- Schmolke, A., Thorbek, P., DeAngelis, D.L., Grimm, V. (2010). Ecological models supporting environmental decision making: a strategy for the future. **Trends in Ecology and Evolution** 25: 479–486.
- Schulze, E.D., et al. (2012). Large-scale bioenergy from additional harvest of forest biomass is neither sustainable nor greenhouse gas neutral. **GCB Bioenergy** 4 (6): 611–616
- Smeets, E. et al. (2014). Annotated bibliography on qualitative and quantitative models for analysing the bio-based economy. Deliverable 2.3 of the SAT-BBE project. Supported by the European Commission.
- Sohngen, B., R. Mendelsohn, and R. Sedjo (1999), "Forest Management, Conservation, and Global Timber Markets." *American Journal of Agricultural Economics*. 81: 1-13.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M., Biggs, R., Carpenter, S.R., de Vries, W., de Wit, C.A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G.M., Persson, L.M., Ramanathan, V., Reyers, B., and Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. **Science**: DOI:10.1126/science.1259855.
- Theil, H. Chruy, C.F., and Seale, J.L. (1989). International evidence on consumption patterns. Supplement 1 to *Advances in Econometrics*, Greenwich, C.T.: J.A.I. Press.
- UNEP (2010). Assessing the Environmental Impacts of Consumption and Production: Priority Products and Materials, A Report of the Working Group on the Environmental Impacts of Products and Materials to the International Panel for Sustainable Resource Management. Hertwich, E., van der Voet, E., Suh, S., Tukker, A., Huijbregts M., Kazmierczyk, P., Lenzen, M., McNeely, J., Moriguchi, Y.
- UNEP (2012). Measuring water use in a green economy, A Report of the Working Group on Water Efficiency to the International Resource Panel. McGlade, J., Werner, B., Young, M.,

- Matlock, M., Jefferies, D., Sonnemann, G., Aldaya, M., Pfister, S., Berger, M., Farrell, C., Hyde, K., Wackernagel, M., Hoekstra, A., Mathews, R., Liu, J., Ercin, E., Weber, J.L., Alfieri, A., Martinez-Lagunes, R., Edens, B., Schulte, P., von Wirén-Lehr, S., Gee, D.
- UNEP (2014). Assessing global land use: balancing consumption with sustainable supply. Bringezu, S., Schütz, H., Pengue, W., O'Brien, M., Garcia, F., Sims, R., Howarth, R.W., Kauppi, L., Herrick, J. International Resource Panel.
- USEPA (2005), Greenhouse Gas Mitigation Potential in U.S. Forestry and Agriculture, EPA-R-05-006. Washington, D.C: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Atmospheric Programs.
- Valin, H. and D. Laborde (2012). Modeling land-use changes in a global CGE: Assessing the EU biofuel mandates with the MIRAGE-BioF model. **Climate Change Economics** 03(03): 1250017
- Van Asselen, S., and Verburg, P. (2013) Land cover change or land-use intensification: simulating land system change with a global-scale land change model. *Global Change Biology*.
- van Leeuwen, M., van Meijl, H. and Smeets, E. (eds.) (2014). Toolkit for a systems analysis framework of the EU Bioeconomy. Overview of WP2 in the EU FP 7 SAT-BBE project. Funded by the European Commission, DG Research, Brussels.
- Veldkamp, A. and L.O. Fresco (1996). 'CLUE-CR: an integrated multi-scale model to simulate land use change scenarios in Costa Rica', **Ecological Modelling**, **91**, 231–248.
- Verburg PH, Lesschen J-P, Koomen E, Perez-Soba M. (2011). Simulating Land Use Policies Targeted to Protect Biodiversity with the CLUE-Scanner Model. In: Trisurat Y, Shrestha RP, Alkemade R (eds) *Land Use, Climate Change and Biodiversity Modeling: Perspectives and Application*. IGI Global, Hershey, pp 119-132.
- Wackernagel, M. and W.E. Rees (1996). **Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on Earth**. New Society Publishers, Gabriola Island, B.C.
- WBGU (2014). Human progress within planetary guardrails: a contribution to the SDG debate. Policy paper 8. Berlin, Germany.
- Weiss, M., Haufe, J., Carus, M., Brandão, M., Bringezu, S., Hermann, B. and Patel, M.K. (2012). A Review of the Environmental Impacts of Biobased Materials. **Journal of Industrial Ecology** 16 (1): 169-181
- Wicke et al. (2014). Model collaboration for the improved assessment of biomass supply, demand, and impacts. **GCB Bioenergy** doi: 10.1111/gcbb.12176
- WTO (2005). Densifying Modelling Methods for Trade Policy. Prepared by Piermartini, R. and Teh, R. Discussion Paper No 10. Geneva, Switzerland.

7 Anhang

7.1 Datenbestände und Indikatoren

7.1.1 Wirtschaftliche Basisdaten

Tabelle 7.1 Auswertung der Datenbestände zur Größe, Entwicklung und wirtschaftlichen Beitrag der Bioökonomie in Deutschland (Experteneinschätzungen)

Indicators	Data requirements	Data availability	Data quality	Relevant sources
Turnover of the bioeconomy (and contribution to the total GDP)*	Economic accounts of bio-based sectors (input-output tables)	3	2	GTAP database (GTAP, 2013), national accounts (e.g. SN, 2013), Social Accounting Matrix (Müller, 2009), OECD Input Output tables database (OED, 2013), Eurostat (2013a)
	Statistics on production and trade of various bio-based products	5	4	National or international statistics, such as Eurostat (2013b), Prodcom, national statistical databases, OECD databases, UNCOMTRADE database (2013), or specific databases such as the Pellets@las database on wood pellets (Pellets@las, 2013)
Employment in the bioeconomy (and contribution to total employment)*	Data on net employment in the bioeconomy sectors by e.g. type of labour	3	2	GTAP database (GTAP, 2013), LABOURSTA (ILO, 2013), Social Accounting Matrix (Müller, 2009), national statistics, industry statistics, Eurostat (2013)
Import of biomass from various countries and sources (agriculture, forestry, waste and residues)	Data on import volume and value by country and by biomass type	4	4	UNCOMTRADE database (2013), Forest Products Trade Flow Database (EFI, 2013), Eurostat COMEXT databases (Eurostat, 2013b), or specific databases such as the Pellets@las database on wood pellets (Pellets@las, 2013)
Production and use of bio-based products	Statistics on production and use of bio-based products in volume and value per country and bio-based product	5	4	National or international statistics, such as Eurostat (2013b), Prodcom, national statistical databases, OECD databases, or specific databases such as the Pellets@las database on wood pellets (Pellets@las, 2013) and industry association statistics (e.g. EU bioplastics)
Price of biomass and bio-based products (and changes therein)	Data on price of biomass and bio-based products from various sources and countries	4	4	Eurostat (2013b), Spot and futures (Wall Street Journal, London, Paris), FAOSTAT (Consumer Price, Food Price Index, International Prices, National Prices, PriceStat), specific database such as the UNECE database (UNECE, 2013) on forest product prices.

Quelle: Basiert auf O'Brien et al. 2014

Hinweis: Dargestellt ist nur die Makro-Ebene. Sektorale Entwicklungen sind nicht enthalten, diese sind ein wichtiger Schwerpunkt für die weitere Forschung.

7.1.2 Nachhaltigkeit und Ressourcenbasis

Tabelle 7.2 Umweltbelastung und Wirkungsindikatoren bezogen auf die Bioökonomie

Resource	Pressure and impact	Indicators		
		Local	National	Global
Land	Land use change	<ul style="list-style-type: none"> • Change in cropland area • Change in grassland area • Change in non-arable land use (e.g. "marginal" land use) • Change in forest area • Change in short rotation plantations 	<ul style="list-style-type: none"> • Change in cropland area • Change in grassland area • Change in non-arable land use (e.g. "marginal" land use) • Change in forest area • Change in short rotation plantations 	<ul style="list-style-type: none"> • Change in cropland area • Change in grassland area • Change in non-arable land use (e.g. "marginal" land use) • Change in forest area • Change in short rotation plantations
	Land use intensity	<ul style="list-style-type: none"> • Change in land use intensity (inputs / outputs / system based; e.g. felling ratio, crop yields and animal stocking density) • Change in forest carbon content 	<ul style="list-style-type: none"> • Change in land use intensity (inputs / outputs / system based; e.g. based felling ratio, crop yield and animal stocking density) • Change in forest carbon content 	<ul style="list-style-type: none"> • Change in land use intensity (inputs / outputs / system based; e.g. felling ratio, crop yield and animal stocking density) • Change in forest carbon content
	Soil quality change	<ul style="list-style-type: none"> • Acidification • Salinization • Change in soil carbon content • Soil loss (erosion) • Bulk density 	<ul style="list-style-type: none"> • Level of soil degradation • Erosion 	<ul style="list-style-type: none"> • Level of soil degradation • Erosion
	Change in Biodiversity	<ul style="list-style-type: none"> • Rate of biodiversity loss/gain • Rate of habitat loss/gain • Rate of forest fragmentation 	<ul style="list-style-type: none"> • Rate of biodiversity loss/gain • Rate of habitat loss/gain • Rate of forest fragmentation 	<ul style="list-style-type: none"> • Rate of biodiversity loss/gain • Rate of habitat loss /gain • Rate of forest fragmentation
	Decline in ecosystem service provision	<ul style="list-style-type: none"> • Change in ecosystem service provisioning 	<ul style="list-style-type: none"> • Change in ecosystem service provisioning 	<ul style="list-style-type: none"> • Change in ecosystem service provisioning
Water	Water depletion	<ul style="list-style-type: none"> • Water scarcity • Consumptive water use 	<ul style="list-style-type: none"> • Water Exploitation index • Water use for agriculture and forestry • Water use for manufacturing and recycling 	Water Exploitation Index
	Water pollution	<ul style="list-style-type: none"> • Eutrophication (N, P concentration) • Toxicity (herbicide concentration) 	<ul style="list-style-type: none"> • Level of water pollution 	Water pollution
Materials	Reduced consumption of fossil resources	-	<ul style="list-style-type: none"> • Change in consumption level of fossil resources 	-
	Increased consumption of biomass	-	<ul style="list-style-type: none"> • Change in consumption level of biomass • Change in wood resource balance 	-

Resource	Pressure and impact	Indicators		
		Local	National	Global
	Increased re-use of biomass	-	• Organic waste diverted from landfills	
	Increased consumption of fish	-	• Change in fish stocks	• Change in fish stocks
Air and carbon	GHG emissions	• Change in GHG emissions	• Change in GHG emissions • Change in LULUCF carbon baseline	• Change in GHG emissions • Change in LULUCF carbon baseline
	Atmospheric pollution	• Level of emission of air pollutants • Level of concentration of air pollutants	• Level of emission of air pollutants	• Tropospheric ozone
	Material carbon pools	• Change in carbon stocks	• Change in carbon stocks	• Change in carbon stocks

Quelle: Basiert auf O'Brien et al. 2014

Tabelle 7.3 Datenanforderungen, -verfügbarkeit und -qualität zu Umweltwirkungsindikatoren für die Bioökonomie (Experteneinschätzungen)

Indicators	Data requirements	Data availability	Data quality	Relevant sources
Land				
Change in cropland area	Statistics on land being used and data from remote sensing	4	3	Eurostat, CORINE, LUCAS Survey data, FAOSTAT
Change in grassland area	Statistics on land being used and data from remote sensing	3	2	Eurostat, CORINE, LUCAS Survey data, FAOSTAT
Change in non-arable land use	Statistics on "marginal" land (e.g. jatropha on "marginal land")	1	1	ISRIC world soil information, FAO, national sources
Change in forest area	Statistics on total forest area, afforestation, deforestation	3	3	Eurostat, national statistics and inventory data, LUCAS Survey data, Forest Europe, FAOSTAT
Change in short rotation plantations	Statistics on land being used	2	1	National statistics
Change in land use intensity (e.g. wood felling ratio)	Statistics on forest harvesting levels	4	4	National statistics, European inventory data, EUROSTAT, FAO
	Data on harvesting of residues	2	2	
	Data on harvesting of firewood	4	2	
Change in land use intensity (e.g. agricultural yields)	Statistics on crop production per type	5	4	FAOSTAT, national statistics
Change in land use intensity (e.g. animal stocking density)	Statistics on livestock	5	4	FAOSTAT, national statistics
Change in soil carbon content	Initial soil state, soil type, initial SOC content	4	4	FAO forest resource assessment, CDIAC global soil database, national soil databases, European Soil Database (ESDB)

Indicators	Data requirements	Data availability	Data quality	Relevant sources
	Estimating change also require data concerning historic land use/land cover change data, climate data, current land use, management of forests	2	1	IPCC, dynamic carbon cycle models, national data
Level of soil degradation	Data on erosion/desertification, contamination, acidification salinification	2	2	ISRIC World Soil Information
Rate of biodiversity loss	Field data on habitat loss	2	3	National field studies, SEBI Indicators
	Field data on species loss	4	3	National field studies, SEBI Indicators, EUNIS species database
	Field data on forest fragmentation	2	2	National field studies, SEBI Indicators
Water				
Water exploitation index	Data on water resource, water withdrawal	3	3	FAO Aquastat, Eurostat
Water use for agriculture and forestry	Data on water withdrawal for agriculture and forestry	4	3	Eurostat, FAO Aquastat
Water use for manufacturing and recycling bioeconomy sectors	Data on water withdrawal for industries of the bioeconomy	2	2	FAO Aquastat
Level of water pollution	Data on pollutants released to surface waters and quality of rivers, lakes and water bodies in the EU	4	4	Eurostat, monitoring of pollutants campaign (JRC), Water Data Centre (EEA)
Materials				
Change in consumption level of fossil resources	Data of national use of coal, and oil	4	4	IEA, national statistics from energy agencies
Change in consumption level of biomass	Industrial and household data	2	2	National statistics and surveys. IEEAF and Eurostat data, Joint Wood Energy Enquiry of UNECE/FAO
Change in wood resource balance	Industrial data on the use of resources for production. Import/export data	2	3	National statistics, EUWood study, IEEAF and Eurostat data, consultancy reports
Organic waste diverted from landfills	Data on organic waste streams and share of organic waste in landfills	5	5	Eurostat
Change in fish stocks	Data on fish production and consumption and fish density	4	3	FAOSTAT, national sources
Air and carbon				
Change in GHG emissions	Annual data of emissions from industries	4	4	IEA, national statistics from energy agencies
Change in carbon stocks	Production and decomposition of materials	2	2	FAO, Eurostat and National production data.
Level of emission of air pollutants	Sectoral data on emission per type of gas	5	4	National agencies
Level of concentration of air pollutants	Data on urban concentration of pollutant and air pollution index	3	4	Local measurement networks in cities

Quelle: Basiert auf O'Brien et al. 2014

7.2 Forschungslandschaft

7.2.1 Einschlägige Projekte

In den folgenden Tabellen wird entlang der drei Stränge ein Überblick zu Projekten, die verschiedene Aspekte der Bioökonomie beleuchten, bereitgestellt. Die Listen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit sondern sollen zum Verständnis des aktuellen Umfangs und Zustands der Bioökonomie-Forschung beitragen. Deutsche Projekte stehen hierbei im Mittelpunkt, aber einige wichtige internationale und EU Projekte sind enthalten. Viele Projekte decken nicht nur einen Strang ab, dennoch kann schwerpunktmäßig die folgende Gruppierung vorgenommen werden:

1. Wirtschaftsorientierte Projekte
 - 1.1. Fokus: stoffliche Nutzung
 - 1.2. Fokus: energetische Nutzung
2. Nachhaltigkeit und Ressourcenbasis der Bioökonomie
 - 2.1. Ressourcenbasis – Landnutzung und Biomassepotenziale
 - 2.1.1. Fokus: Landnutzung – Landwirtschaft
 - 2.1.2. Fokus: Landnutzung – Forstwirtschaft
 - 2.1.3. Fokus: Ressourcenbasis
 - 2.2. Nachhaltigkeit der Bioökonomie
 - 2.2.1. Fokus: Produkt bezogenen Nachhaltigkeit
 - 2.2.2. Fokus: Umweltauswirkungen
 - 2.2.3. Fokus: Kreislaufwirtschaft
3. Modellierung der Bioökonomie

Die Projekte sind in jeder Gruppe chronologisch nach dem Enddatum einsortiert.

Tabelle 7.4 Einschlägige Projekte: Wirtschaftsorientierte Projekte

1. Wirtschaftsorientierte Projekte		
Fördereinrichtung und Projektname	Zeitraumen	Beschreibung, Partner und Link
1.1 Fokus: stoffliche Nutzung		
UBA: Mehr Ressourceneffizienz durch die stoffliche Biomassenutzung in Kaskaden: von der Theorie zur Praxis	2013 - 2016	Das Projekt analysiert die Verwertungs- und insbesondere die Wiederverwertungsmöglichkeiten von Biomasse in der praktischen Umsetzung. Dabei wird es darum gehen, mit Wirtschaftsteilnehmern/ Unternehmen verschiedenster Branchen konkrete und potenzielle Kaskaden, bereits bestehende oder auch „gescheiterte“, systematisch zu erfassen, zu untersuchen und daraus Bedingungen für den Ausbau der Kaskadennutzung zu erarbeiten bzw. zu konkretisieren. IFEU mit Nova Institut, IZES, und WI. https://biomassekaskaden.de

1. Wirtschaftsorientierte Projekte		
Fördereinrichtung und Projektname	Zeitraumen	Beschreibung, Partner und Link
BioSC: Biomass flows and technological innovation in the bioeconomy: A global scenario analysis	2015	This interdisciplinary project contributes to improving the knowledge on the impacts of global biomass trade flows and bioeconomic technological innovation on economic indicators in NRW and Germany as well as environmental impact indicators in major biomass exporting countries. It addresses the lack of an explicit German research agenda on sustainability governance in the bioeconomy. Ecological-economic modelling techniques and innovation road mapping will be combined to simulate global biomass flows and their impacts in alternative scenarios that are developed in participatory stakeholder consultations. ZEF, Institute for Food and Resource Economics and Instit für Bio- und Geowissenschaften, Pflanzenwissenschaften. http://www.biosc.de/econbiosc
EC: Suprabio (Sustainable products from economic processing of biomass in highly integrated biorefineries)	2010 – 2014	Research, development and demonstration of novel intensified unit operations that can be integrated into economic and sustainable biorefinery options for the production of second-generation biofuels, intermediates and high value products, together with assessment of the outcomes to inform and enable sustainable implementation. 16 partners with IFEU, IUS, and WI. http://www.suprabio.eu/
FNR: Sicherung der Nadelrohholzversorgung in Nordeutschland	2012 - 2014	Das Gesamtziel des Forschungsprojektes besteht darin, die Versorgung der vom Nadelholz abhängigen Holzindustrie angemessen zu sichern, die ökonomische Grundlage vieler Forstbetriebe zu erhalten und die volkswirtschaftliche Bedeutung angemessener Nadelbaumanteile zu bestimmen. Daneben geht es darum, in Zusammenarbeit mit der Holzindustrie Strategien zu entwickeln, welche geeignet sind, die Engpässe hinsichtlich der Rohholzversorgung sowohl kurz- bis mittelfristig abzuf puffern. Neben diesen übergeordneten Zielen wird konkret die Erstellung einer Nadelholz-Bedarfsanalyse für den Markt der Holzbiomassen durchgeführt. Aufgabe der Universität Hamburg ist es, firmenspezifische Informationen und regionale Besonderheiten herauszuarbeiten. Dabei werden bei den Betrieben, die aus dem Rohstoffmonitoring bekannt sind, strategische Ansätze vorgestellt und weiter entwickelt. http://www.fnr.de/index.php?id=911&alles=1&status=Inhalt&fkz=22013012&suche=Monitoring&suchefkz=Nummer%20eingeben!&sucheadresse=Namen%20eingeben!&von=01.04.1992&bis=03.02.2015&zeitraum=formular&minz=0&maxz=58&anzahl=10&zurueck=1
EC: Biohorizons – Horizon Scanning the European Bioeconomy	2013 - 2014	Das Projekt wird von der Europäischen Kommission im Rahmen des EIT Climate-KIC Programms gefördert. Ziel ist eine Erhebung zur Situation der Bioökonomie in der EU mit Fokus auf Akteuren, insbesondere Unternehmen, Supply Chains und Märkten. Hierzu werden regionale Unterschiede, Marktversagen sowie Chancen und Barrieren analysiert, um nachhaltige biobasierte Geschäftsmodelle ableiten zu können. IBERS coordinator mit Uni Kassel CESR als partnern. http://www.usf.uni-kassel.de/cesr/index.php?option=com_project&task=view_detail&agid=107&lang=de

1. Wirtschaftsorientierte Projekte		
Fördereinrichtung und Projektname	Zeitraumen	Beschreibung, Partner und Link
UBA: Ökologische Innovationspolitik: Mehr Ressourceneffizienz und Klimaschutz durch nachhaltige stoffliche Nutzungen von Biomasse	2013	Übergeordnetes Ziel des Forschungsprojekts ist es, Strategien und Instrumente für eine nachhaltige stoffliche Biomassenutzung als Beitrag zu den Klima- und Ressourcenschutzzielen der Bundesregierung zu entwickeln. Durchführung der Studie: Nova-Institut, IFEU, FFU, und Öko-Institut . http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/oekologische-innovationspolitik-mehr-0
EC: BIOCORE (Biocommodity refinery)	2007 - 2013	The EU project will conceive and analyse the industrial feasibility of a biorefinery concept that will allow the conversion of cereal by-products (straws etc), forestry residues and short rotation woody crops into a wide spectrum of products including 2nd generation biofuels, chemical intermediates, polymers and materials. Through the development of a range of polymer building blocks, BIOCORE will show how 70% of today's polymers can be derived from biomass. Project included 24 partner, including IFEU, IUS and Nova-Institut . http://www.biocore-europe.org/
EC: Global Assessment of Biomass and Bioproduct Impacts on Socio-economics and Sustainability (Global-Bio-Pact)	2010 - 2013	The main aim of the Global-Bio-Pact project was the development and harmonisation of global sustainability certification systems for biomass production, conversion systems and trade in order to prevent negative socio-economic impacts. Coordinated by WIP with 13 partners, including IFEU . http://www.globalbiopact.eu/
BMWi: Kopplung der stofflich/energetischen Nutzung von Biomasse - Analyse und Bewertung der Konzepte und deren Einbindung in bestehende Bereitstellungs- und Nutzungsszenarien	2009 - 2010	Ziel des Vorhabens ist es zu prüfen, inwieweit sich das Konzept eignet, Bioenergieträger, Energie und Stoffe/Materialien gekoppelt und effizient bereitzustellen. Darüber hinaus soll erarbeitet werden, wie sich das Konzept in vorhandene Energiesysteme optimal integrieren lässt. WI, Fraunhofer Institut (UMSICHT) und Öko-Institut . https://www.energetische-biomassenutzung.de/index.php?id=138&L=0&tx_jbprojects_pi3[showUid]=27&cHash=6724a64888b2836aad009e892f6d4dba
BMELV: Förderinstrumente für die stoffliche Nutzung Nachwachsender Rohstoffe	2008 – 2009	Thema und Gesamtziel des Projektes ist die umfassende Untersuchung, Prüfung und vergleichende Analyse der potenziellen Vorteilhaftigkeit und der Besonderheiten der stofflichen Nutzung sowie die Entwicklung, Diskussion und Bewertung von Instrumenten zur Förderung der stofflichen Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen, um diesen Bereich rasch und effizient entwickeln zu können. Nova Institut . http://www.nova-institut.de/bio/index.php?tpl=project&id=662&proj=&lng=de&red=projectlist
TAB: Industrielle stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe	2005 - 2007	Aufgrund der großen Vielfalt in der stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe werden komplexe Fragen bezüglich der technischen Machbarkeit sowie der ökologischen und ökonomischen Vor- und Nachteile möglicher Pfade zur Bereitstellung von auf nachwachsenden Rohstoffen basierenden Produkten aufgeworfen https://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/berichte/TAB-Arbeitsbericht-ab114.pdf Gutachten ökologische Bewertung (IFEU):

1. Wirtschaftsorientierte Projekte		
Fördereinrichtung und Projektname	Zeitraumen	Beschreibung, Partner und Link
		http://www.ifeu.de/landwirtschaft/pdf/IFEU-TAB-Nawarostofflich.pdf Gutachten energetische Nutzung (IFEU): http://www.ifeu.de/landwirtschaft/pdf/IFEU-TAB-Bioenergie.pdf
1.2 Fokus: energetische Nutzung		
IEE: BiomassPolicies - Strategic Initiative for Resource Efficient Biomass Policies	2013 - 2016	Ziel des Projektes ist die Entwicklung politischer Richtlinien zur Mobilisierung von ressourceneffizienten Wertschöpfungsketten im Bereich Bioenergie, um damit die nationalen Bioenergieziele zu unterstützen, wie sie unter anderem in den nationalen Aktionsplänen für regenerative Energie (NREAP) aufgeführt sind. Die vorgesehenen Projektaktivitäten sollen Ergebnisse in folgenden Bereichen liefern: a) Leitlinien für die Datenerhebung zum Monitoring der nachhaltigen Biomasseversorgung b) Ausblick für räumlich unterschiedliche Biomassewertschöpfungsketten c) Leitlinien für die Auswahl von ressourceneffizienten Wertschöpfungsketten d) Übersicht über existierende politische Richtlinien zur Rohstoffbereitstellung e) Benchmarking der bestehenden politischen Ansätze f) Entwicklung eines integralen politischen Rahmens g) Aktive Beteiligung der nationalen Verwaltungen, der Industrie und anderer Marktteilnehmer h) Anwendung des entwickelten politischen Rahmens zur Verbesserung nationaler Gesetzgebung. Das Projekt wird durch das Imperial College London koordiniert und setzt sich aus weiteren 16 Partnern aus zehn EU-Ländern zusammen inkl. IINAS, dena und FNR . http://www.biomasspolicies.eu/
EC: CORE-JetFuel	2013 - 2016	Das Projekt unterstützt die Europäische Kommission in der Gestaltung und der fundierten Umsetzung von Forschungs- und Innovationsprojekten im Bereich nachhaltiger alternativer Treibstoffe für die Luftfahrt. Das Projekt zielt darauf ab, ein europäisches Exzellenznetzwerk für alternative Kraftstoffe in der Luftfahrt aufzubauen, um das umfassende technische Know-how in diesem komplexen Themenfeld zu bündeln und dabei zu helfen, Forschung und Entwicklung wie auch die Implementierungsbemühungen zu koordinieren. Deutsche Partner sind FNR und WIP . http://www.core-jetfuel.eu/default.aspx
BMWi: Meilensteine 2030 - Elemente und Meilensteine für die Entwicklung einer tragfähigen nachhaltigen Bioenergiestrategie	2012 - 2014	Unter der Maßgabe der Anforderungen einer nachhaltigen und akzeptanzfähigen Biomassenutzung werden im Vorhaben "Meilensteine 2030" die technischen und organisatorischen Meilensteine identifiziert, die bis zum Jahr 2030 geschaffen werden müssen, um eine Langfriststrategie bis 2050 erfolgreich vorzubereiten. Zielstellung ist die Analyse und Bewertung der Pfade zur Bioenergiebereitstellung in Richtung der Ausbauziele, d. h. Untersetzung des angestrebten Energiebeitrags mit Stoffströmen und Technologien sowie die Ableitung damit verbundener ökologisch-ökonomischer und regionaler Wechselwirkungen. Das Projekt startet zunächst mit den Partnern TI, Öko-Institut, und CESR (Universität Kassel) unter der Leitung des DBFZ und soll durch zusätzliche Studien ergänzt werden. https://www.energetische-

1. Wirtschaftsorientierte Projekte		
Fördereinrichtung und Projektname	Zeitraumen	Beschreibung, Partner und Link
		biomassenutzung.de/de/meilensteine-2030.html
EC: Biolyfe: Demonstrating large-scale bioethanol production from lignocellulosic feedstocks	2010-2013	This project improved critical process steps and demonstrated the whole supply chain, from feedstock sourcing via fuel production to product utilisation. The main result is the constructed efficient 2nd generation industrial demonstration unit with an annual output of about 40,000 tons of lignocellulosic bioethanol, which is used for process optimization through extensive testing. German partners included WIP, IUS and IFEU . http://www.biolyfe.eu/
BMU: BioKommunal - Aufbau eines bundesweiten kommunalen Bioenergie-Netzwerks und Mobilisierungsmaßnahmen für einen verstärkten Einsatz von Bioenergie in Kommunen	2010 - 2013	Das Projekt hat zum Ziel, ein bundesweites Netzwerk für Bioenergie-Kommunen aufzubauen und dauerhaft zu etablieren und diesbezüglich verschiedene Mobilisierungsmaßnahmen für einen verstärkten Einsatz von Bioenergie in Kommunen zu initiieren. BBE und C.A.R.M.E.N. http://www.biokommunal.de/
BMEL: Erstellung eines Leitfadens Bioenergiedörfer	2012 - 2013	Dieser Leitfaden soll als allgemeinverständliche Broschüre mit Motivationscharakter und Praxisbezug für kommunale Entscheidungsträger, interessierte Bürger und regionale Schlüsselakteure erarbeitet werden. Anhand von Argumenten und Begründungen wird Handlungswissen für die Initiierung eines Bioenergiedorf-Projektes aufgezeigt und praktikable sowie innovative Wege für eine nachhaltige Regionalentwicklung dargestellt. Im Ergebnis wird der Leitfaden als fundierte und pragmatisch orientierte Informations- und Motivationsschrift abgefasst, die keinen Anspruch auf wissenschaftliche Vollständigkeit erhebt. Grundlegend wird auf die bei der FNR/BMELV vorliegenden Daten und Informationen aus bestehenden oder in Arbeit befindlichen Publikationen, wie z.B. Handbuch Bioenergie, verwiesen bzw. bei Bedarf inhaltlich im Leitfaden genutzt. Aus dem bestehenden Leitfaden werden Daten und Vorlagen über umfangreiche Recherche bisheriger wissenschaftlicher Ausarbeitungen, etc. übernommen. Zielführende Werkzeuge für die Entwicklung und Umsetzung von Bioenergiedörfern werden kurz dargestellt - u.a. angewandtes Stoffstrommanagement, nachhaltige Landnutzung, regionale Wertschöpfung, Finanzierung und Teilhabe. Darüber hinaus erfolgt eine bundesweite Datenabfrage an bereits vorhandene, ausgewählte Bioenergiedörfer, die entsprechend der Absprache mit dem Projektträger im Projektverlauf bereit werden. Hochschule Trier - Trier University of Applied Sciences - Umwelt-Campus Birkenfeld - FB Umweltplanung/Umwelttechnik - Institut für angewandtes Stoffstrommanagement http://www.wege-zum-bioenergiedorf.de/bioenergiedoerfer/
BMUB: Holzkaskaden: Regionale Strategie zum Ausbau der Bioenergieerzeugung aus Holz	2009 - 2012	Ziel des Verbundvorhabens ist es, die Rahmenbedingungen für eine übertragbare, kohärente Strategie hinsichtlich der Möglichkeiten und Grenzen zur Lenkung der vorhandenen Stoffströme im Bereich der Holzpotenziale, unter Zielsetzung eines größtmöglichen volkswirtschaftlichen und ökologischen

1. Wirtschaftsorientierte Projekte		
Fördereinrichtung und Projektname	Zeitraumen	Beschreibung, Partner und Link
		Mehrwertes, zu entwickeln. IFEU, IZES, und Wald-Zentrum. http://www.ifeu.de/index.php?bereich=lan&seite=holzkaskade
BMU: BioEnergieDat	2010 -2012	Das Vorhaben zielt auf die Bereitstellung einer aktuellen und umfassenden Datenbasis für die energetische Nutzung von Biomasse. Diese soll Informationen über den Stand der Technik, die ökologischen Effekte sowie ökonomische Kenngrößen von Produktions-, Bereitstellungs- und Konversionsprozessen enthalten. Sie ist nutzbar für die modular aufgebaute Bilanzierung von Prozessketten in einer im Vorhaben entwickelten öffentlich zugänglichen Open Source Software. Karlsruher Institut für Technologie (ITAS und IAI), DLR, GreenDelta GmbH, Hochschule Zittau/Görlitz, Ruhr-Universität Bochum, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), WI. http://www.bioenergie-dat.de
BMWi: Monitoring zur Wirkung nationaler und internationaler gesetzlicher Rahmenbedingungen auf die Marktentwicklung im Biokraftstoffsektor	2009 - 2011	Das Vorhaben zielt darauf ab, die gesetzlichen Regelungen in den Kontext der praktischen Erfordernisse des Marktes zu stellen. Unter Berücksichtigung der vom Gesetzgeber formulierten Zwecke sollen Bewertungen des Biokraftstoffmarktes erfolgen. Als Ergebnis des Vorhabens soll eine bisher in diesem Umfang nicht vorhandene Datengrundlage zum deutschen Biokraftstoffsektor und den Auswirkungen der auf ihn einwirkenden Gesetze und Verordnungen sowie Markteinwirkungen vorliegen. DBFZ. https://www.dbfz.de/web/forschung/referenzprojekte/monitoring-der-marktentwicklung.html
BMWi: Sozial- und verhaltenswissenschaftliche Aspekte der Kraftstofferzeugung und -nutzung aus Biomasse – Akzeptanz von Biokraftstoffen	2009 - 2011	Das Vorhaben thematisiert die Akzeptanzlagen von Biokraftstoffproduktion, -bereitstellung und -nutzung aus Sicht verschiedener relevanter Akteursgruppen (Umweltverbände, Kraftstoffverbände, lokalpolitische AkteurInnen und andere Involvierte) in Hinblick auf Empfehlungen zur Umsetzung einer Biomassestrategie, die Chancen auf Akzeptanz in der Bevölkerung sowie eine integrierte Einführung von Biokraftstoffen hat. DBFZ, Universität des Saarlandes. https://www.energetische-biomassenutzung.de/index.php?id=138&L=0&tx_jbprojects_pi3[showUid]=37&cHash=d5d09a25cdf452ea4ebd2233cc5ad1e0
EC: Biomass Energy Europe (BEE)	2008 - 2010	The Biomass Energy Europe (BEE) project was initiated to harmonise methodologies for biomass resource assessments for energy purposes in Europe and its neighbouring countries. The harmonisation will improve consistency, accuracy and reliability of biomass assessments for energy, which can serve the planning of a transition to renewable energy in the European Union. It was coordinated by the University of Freiburg , with German partners IFEU and UH. http://www.eu-bee.eu/

Tabelle 7.5 Einschlägige Projekte: Nachhaltigkeit und Ressourcenbasis der Bioökonomie

2. Nachhaltigkeit und Ressourcenbasis der Bioökonomie		
Fördereinrichtung und Projektname	Zeitraumen	Beschreibung, Partner und Link
2.1 Ressourcenbasis - Landnutzung und Biomassepotenziale		
2.1.1 Fokus: Landnutzung – Landwirtschaft		
BMBF - GLUES* Wissenschaftliche Begleitung, Koordination und Synthese - *Global Assessment of Land Use Dynamics, Greenhouse Gas Emissions and Ecosystem Services	-	GLUES unterstützt die Verbundprojekte in der Fördermaßnahme 'Nachhaltiges Landmanagement' durch Kommunikations- und Netzwerkaktivitäten und zielt darauf ab, die Ergebnisse dieser zu synthetisieren. Das Begleitvorhaben GLUES wird versuchen, durch seine Aktivitäten die Sichtbarkeit der deutschen Landnutzungsforschung in der internationalen Forschungslandschaft zu verbessern. Es wird innerhalb des Kiel Earth Institut von IFM-GEOMAR und IfW bearbeitet. http://modul-a.nachhaltiges-landmanagement.de/de/wissenschaftliche-begleitung-glues/
EC: S2Biom - Förderung der nachhaltigen Versorgung von ‚Non-Food‘-Biomasse zur Unterstützung einer ressourcenschonenden Bioökonomie in Europa	2013 - 2016	Die 31 Projektpartner aus 16 Ländern der Europäischen Union und assoziierter Anrainerstaaten führen in dem Projekt eine umfassende Potenzialanalyse der Biomasse sowie ihrer Konversionswege durch und ergänzen bestehende Datenbestände. Darüber hinaus werden die politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen wie auch Nachhaltigkeitsaspekte erfasst. Auf der Grundlage dieser Daten sowie der Rahmenbedingungen werden transnationale Strategien und Roadmaps entwickelt, die eine ressourcenschonende Bioökonomie in Europa ermöglichen sollen. Die Ergebnisse werden in einem webbasierten, interaktiven Tool und begleitendem Material sowohl für die Wirtschaft, Forschung als auch Politik, für lokale, regionale wie auch nationale Zielgruppen zur Verfügung gestellt. In über zehn Fallbeispielen werden die Ergebnisse und die entwickelten Tools zugleich zielgruppenspezifisch getestet als auch den Akteuren näher gebracht. FNR koordiniert die Projektdurchführung und das Team. http://www.s2biom.eu/
UBA und BMU: GLOBALANDS – Globale Landnutzung und Nachhaltigkeit	2011 - 2015	Der Nutzungsdruck auf Land und natürliche Ressourcen steigt weltweit. Während es zahlreiche sektorale und schutzgutbezogene Politikansätze gibt, ist die globale Landnutzung nicht integriert geregelt. Im Zuge der Debatte um die Nachhaltigkeit von Biokraftstoffen und der Notwendigkeit die Nachhaltigkeit von Biomasse im Allgemeinen sicherzustellen ist diese Fragestellung jedoch vermehrt aufgegriffen worden. Ziel des GLOBALANDS-Projekt ist es, Governanceansätze zu identifizieren und analysieren, die zu einem internationalen nachhaltigen Landnutzungsmanagement führen können. IINAS, ecologic, öko-institute, und Leuphana Universität http://www.ecologic.eu/de/4548
UBA: Der Flächenfußabdruck. Bewertung bestehender Berechnungsmethoden und Entwicklung von wirkungsorientierten Landnutzungs-indikatoren	2013 - 2015	Der Flächenfußabdruck ist ein geeigneter Indikator zur Erfassung und Auswertung der quantitativen Flächenrelevanz nationaler oder regionaler Konsummuster. Ziel des Projektes ist die Bewertung bestehender Berechnungsmethoden des Flächenfußabdrucks und die Ableitung von Empfehlungen zur methodischen Weiterentwicklung. Hierzu zählt auch die Frage, wie Indikatoren, die ergänzend Aussagen zur den Umweltauswirkungen der Landnutzung treffen können, in die Methodik des Flächenfußabdrucks integriert werden können.

2. Nachhaltigkeit und Ressourcenbasis der Bioökonomie		
Fördereinrichtung und Projektname	Zeitraumen	Beschreibung, Partner und Link
		Abschließend werden beispielhafte Berechnungen am Beispiel Deutschlands durchgeführt. SERI, Wirtschaftsuniversität Wien, Ecologic, IIASA. http://www.ecologic.eu/de/10739
BMEL: Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands - Phase III (EVA III); Teilvorhaben 3: Ökonomische Bewertung und Optimierung des Anbaus und der Nutzung von Energiepflanzen	2013 - 2015	Das Forschungsverbundprojekt „EVA“ hat zum Ziel, standortangepasste Fruchtfolgen für den Bioenergiepflanzenanbau zu entwickeln und zu optimieren, wobei auch neuartige Kulturarten und -anbauverfahren untersucht werden. In diesem Teilprojekt 3 erfolgt die ökonomische Auswertung der durchgeführten Anbauversuche. Dabei soll geklärt werden, welche Anbausysteme und Kulturen an den jeweiligen Standorten wirtschaftlich tragfähig sind und für den Praxisanbau empfohlen werden können. Schließlich erfolgt eine Modellierung der Entwicklung des Anbaus von Energiepflanzen mit Hilfe des räumlich expliziten Landnutzungsmodells ProLand. Die Vorgehensweise teilt sich in einen eher empirisch orientierten und einen eher modelltechnisch geprägten Teil. Mit Hilfe des Landnutzungsmodells ProLand werden schließlich regional differenzierte Szenarien zur Landnutzung für ganz Deutschland erstellt. Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft http://www.eva-verbund.de
FNR: Nutzung von Fernerkundungsdaten und Datenbanken zur Artenvielfalt und Kohlenstoffbestand für eine nachhaltige Biomasse- und Bioenergieerzeugung	2012 - 2015	Gesamtziel des Vorhabens ist es, ein Instrument zur Unterstützung der Nachhaltigkeitszertifizierung zu entwickeln, das belastbare Informationen zu Flächennutzungsänderungen, Kohlenstoffbestand und Artenvielfalt bereitstellt. Dabei sollen multi-spektrale Fernerkundungsdaten und bereits bestehende Datenbanken zu Artenvielfalt und Kohlenstoffbestand genutzt werden. In einem ersten Schritt wird zunächst auf der Basis der gesetzlichen Anforderungen und vorliegenden Erfahrungen mit der Nachhaltigkeitszertifizierung eine Bedarfsanalyse durchgeführt. Als Ergebnis soll ein Pflichtenheft vorliegen. Im zweiten Schritt werden verfügbare Datenbanken hinsichtlich ihrer Eignung für Zwecke der Nachhaltigkeitszertifizierung analysiert. Daran schließt sich die Bewertung verfügbarer Fernerkundungsdaten an. Auf dieser Basis kann dann die Methoden- und Systementwicklung erfolgen. Dabei geht es vor allem um den Abgleich der derzeitigen Landnutzung mit der im Januar 2008. Geeignete Algorithmen für die Interpretation der Fernerkundungsdaten sollen entwickelt und ausgewählte Informationen aus Datenbanken zu Artenvielfalt und Kohlenstoffbestand aufbereitet und in einer benutzerfreundlichen Form verfügbar gemacht werden. Anschliessend erfolgt eine Anwendung in Pilotregionen und die Feinjustierung des Systems. Über den gesamten Prozess werden "Stakeholder" aus Deutschland und den Pilotregionen einbezogen. Meo Carbon Solutions GmbH. http://www.fnr.de/index.php?id=911&alles=1&status=Inhalt&fkz=22005912&suche=Landnutzung&suchefkz=Nummer%20eingeben!&sucheadresse=Namen%20eingeben!&von=01.04.1992&bis=04.02.2015&zeitraum=formular&minz=0&maxz=25&anzahl=10&zurueck=1 ; http://www.meo-carbon.com/expertise/zertifizierung

2. Nachhaltigkeit und Ressourcenbasis der Bioökonomie		
Fördereinrichtung und Projektname	Zeitraumen	Beschreibung, Partner und Link
BMEL: AgroForstEnergie	2007 -2015	Im Rahmen des vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) geförderten Verbundprojektes AgroForstEnergie wird der Anbau streifenförmiger Kurzumtriebsplantagen in Kombination mit konventionellem Ackerbau und Grünland erprobt und untersucht. Auf fünf praxismaßstäblichen Flächen in Deutschland wurden seit 2007 beispielhaft derartige Systeme geschaffen. Ziel ist eine ökologische und ökonomische Bewertung dieser Landnutzungsform. TLL, BTU, Julius Kühn-Institut - Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, und TI. http://www.agroforstenergie.de/de/
BMW i und BMEL: Nachhaltig nutzbare Potenziale für Biokraftstoffe in Nutzungskonkurrenz zur Lebens- und Futtermittelproduktion, Bioenergie sowie zur stofflichen Nutzung in Deutschland, Europa und der Welt	2013 – 2014	Den Untersuchungsrahmen des Vorhabens bilden geographisch Deutschland, Europa und die Welt sowie zeitlich das Bezugsjahr 2010 mit Prognosen für die Jahre 2020, 2030 und 2050. Das Endergebnis der Arbeit besteht aus unterschiedlichen Szenarien für die Angebots- und Nachfrageentwicklung in den genannten Sektoren sowie der Analyse der Nutzungskonkurrenz und -hierarchien, aus denen sich jeweils die nachhaltig nutzbaren Potenziale für Biokraftstoffe differenziert nach Rohstoffen, Arten der Biokraftstoffe und Anwendungsbereichen ergeben. Gegenüber gestellt wird diesem Potenzial der prognostizierte Bedarf in Konkurrenz zu anderen Deckungen des Kraftstoffmarktes. Durch Sensitivitätsanalysen können zudem die Haupteinflussfaktoren für das Volumen der nachhaltig nutzbaren Potenziale für Biokraftstoffe bestimmt werden. Nova Institut. http://www.nova-institut.de/bio/index.php?tpl=project&id=963&proj=suspot&lng=de&red=projectlist
FNR: Potenzialanalyse der Biokraftstoffproduktion in der Europäischen Union (EU) unter Vermeidung von iLUC-Effekten	2012 - 2014	Das Gesamtziel dieses Projektes ist die Analyse des Potenzials für die Biokraftstoffproduktion mit einem geringem Risiko indirekter Landnutzungsänderungen (iLUC) innerhalb der EU 27, gefolgt von einer Untersuchung von iLUC Vermeidungsstrategien vor Ort und einer möglichen Zertifizierung dieser Ansätze. Im vorliegenden Projekt wird zum ersten Mal das Potenzial nachhaltiger Biokraftstoffproduktion in der EU anhand der Low Indirect Impact Biofuels (LIIB) Methodologie analysiert und getestet. Dabei werden zunächst die theoretischen Potenziale der einzelnen iLUC Vermeidungsstrategien in der EU analysiert, bevor im zweiten Schritt je ein Pilotprojekt hinsichtlich der praktischen Umsetzung und einer möglichen Zertifizierung der iLUC Vermeidungsstrategie getestet wird. Die folgenden iLUC Vermeidungsstrategien werden untersucht: 1. Biokraftstoffproduktion auf ungenutztem Land, 2. Biokraftstoffproduktion aus Abfall- und Reststoffen, 3. Ertragssteigerung über das Business-as usual (BAU) Szenario hinaus. Die Ergebnisse des Projektes werden veröffentlicht und mit relevanten Stakeholdern aus Politik und Wirtschaft diskutiert, um so einen Beitrag zur politischen Diskussion zu leisten. Ecofys. http://www.fnr.de/index.php?id=911&alles=1&status=Inhalt&fkz=22500512&suche=Landnutzung&suchefkz=Nummer%20eingeben!&sucheadresse=Namen%20eingeben!&von=01.04.1992&bis=04.02.2015&zeitraum=formular&minz=0&maxz=25&anzahl=10&zurueck=1

2. Nachhaltigkeit und Ressourcenbasis der Bioökonomie		
Fördereinrichtung und Projektname	Zeitraumen	Beschreibung, Partner und Link
BMEL: ELKE - Entwicklung extensiver Landnutzungskonzepte für die Produktion nachwachsender Rohstoffe als mögliche Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen	2010 - 2013	Übergeordnete Zielsetzung des Projektes ist es, den ökologischen Wert bestimmter extensiver Anbausysteme zur Erzeugung nachwachsender Rohstoffe zu untersuchen. Gegenstand der Betrachtung sind Leistungen für den biotischen und abiotischen Ressourcenschutz, also Biodiversität (auf Einzelflächen wie auch im Kontext der Biotopvernetzung/-verbund), Bodenfruchtbarkeit und Erosionsschutz, Klima- und Gewässerschutz. Darüber hinaus finden auch ökonomische Aspekte, wie das Thema regionale Wertschöpfung, der Erhalt landwirtschaftlicher Nutzfläche als Existenzgrundlage der Betriebe, der effiziente Einsatz endlicher Ressourcen sowie die Nutzung von Synergieeffekten im Pflanzenbau Berücksichtigung. Hochschule Trier Umwelt-Campus Birkenfeld - FB Umweltplanung/Umwelttechnik - IfaS http://www.landnutzungsstrategie.de
Sustainable Biomass Fund, NL Agency: Verminderung indirekter Auswirkungen bei der Biokraftstoffproduktion	2011-2012	Gemeinsam mit dem WWF und dem Roundtable on Sustainable Biofuels (RSB) hat Ecofys das Low Indirect Impacts Biofuels (LIIB) Zertifizierungsmodul zur Vermeidung bzw. Verminderung des ILUC Risikos in der Biokraftstoffproduktion entwickelt. Die Methodologie enthält ILUC Vermeidungsstrategien für vier verschiedene Lösungsansätze: Produktion von Biomasse auf ungenutztem Land, Ertragssteigerungen, integrativer Anbau von Energiepflanzen und anderen landwirtschaftlichen Produkten sowie die Biokraftstoffproduktion aus Abfällen und Reststoffen. http://www.ecofys.com/de/projekt/verminderung-indirekter-auswirkungen-bei-der-biokraftstoffgewinnung/
BMWi: Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen zur Bioenergiebereitstellung	2009 - 2011	Projektziel ist die Bereitstellung von Basisinformationen zur nachhaltigen Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen. Mit diesen Informationen soll die nachhaltige Erschließung des landwirtschaftlichen Reststoffpotenzials Deutschlands gefördert werden. Da die Nutzung von Reststoffen wie Stroh immer stärker fokussiert wird, sollen möglichst frühzeitig potenzielle Umweltauswirkungen der Strohbereitstellung analysiert und in die Potenzialermittlung integriert werden. Zum einen soll daher in hoher räumlicher Auflösung (Kreisebene) das nachhaltige Strohpotenzial ermittelt und dargestellt werden. Zum anderen sollen durch die technisch-ökonomische und ökologische Analyse vorteilhafte Strohnutzungspfade identifiziert werden. DBFZ, TLL, Institut für Nachhaltige Landbewirtschaftung, Öko-Institut. https://www.energetische-biomassenutzung.de/index.php?id=138&L=0&tx_jbprojects_pi3[showUid]=43&cHash=e943f72f96c78fdb041209bbf6c94cdb
BfN: Flächeneffektive Bioenergienutzung aus Naturschutzsicht	2010	Ziel des Projektes ist es, mit den drei Zielkategorien Naturverträglichkeit, Klimateffizienz, Flächeneffizienz und sich daraus ergebenden Anforderungen, den konkreten Energiepflanzenanbau in einer Region miteinander zu verschneiden, um zu einer integrierten Bewertung des Biomasseanbaus zu gelangen und damit die fachliche Grundlage zu einer flächeneffektiven, nachhaltigen Steuerung des Energiepflanzenanbaus bereitzustellen. IFEU, Peters Umweltplanung, und TLL. http://www.ifeu.de/landwirtschaft/pdf/BfN_Endbericht_FlaecheneffektiveBioenergienutzung.pdf

2. Nachhaltigkeit und Ressourcenbasis der Bioökonomie		
Fördereinrichtung und Projektname	Zeitraumen	Beschreibung, Partner und Link
FAO: Bioenergy Impact Assessment framework	2010	The Bioenergy Impact Assessment (BIAS) framework summarizes the major issues related to impact and process based environmental assessments related to bioenergy development and attempts to bring together and evaluate the best available, tested and untested methodologies. The main chapters examine methodological options and their limitations for: GIS applications, risk assessment, water and soil quality, quantity and availability, CBD processes, protected areas, land use changes and GHG. They also examine current databases and platforms that discuss these issues. Öko-Institut, IFEU, und Copernicus Institut. http://www.fao.org/docrep/013/am303e/am303e00.pdf
BDBe: Synopse aktueller Modelle und Methoden zu indirekten Landnutzungsänderungen ILUC	2009	Hauptziel der Untersuchung soll eine Bestandsaufnahme und Bewertung aktuell verfügbarer Modelle und Methoden zur Berücksichtigung der Effekte indirekter Landnutzungsänderungen sein. Dabei sollen die Stärken und Defizite der einzelnen Modelle und Methoden analysiert, Entwicklungsmöglichkeiten im Hinblick auf weitere Politikziele aufgezeigt und Handlungsfelder identifiziert werden. Auftraggeber ist der Bundesverband der deutschen Bioethanolwirtschaft e.V. (BDBe). IFEU. http://www.bdbe.de/files/4213/2795/8116/IFEU_ILUC_deutsch.pdf
UBA: Optionen einer nachhaltigen Flächennutzung und Ressourcenschutzstrategien unter besonderer Berücksichtigung der nachhaltigen Versorgung mit nachwachsenden Rohstoffen	2005-2007	Ziel des Projekts ist, Perspektiven und Handlungsmöglichkeiten zum Erhalt und zur Aktivierung vielfältiger Nutzungsoptionen für die land- und forstwirtschaftlichen Flächen als Ressource aufzuzeigen. Im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung muss vor allem eine dauerhaft umweltgerechte Flächennutzung ermöglicht werden, die den Erfordernissen der stofflich-energetischen Rohstoffversorgung gerecht wird. WI, IFEU, UMSICHT. http://wupperinst.org/projekte/details/wi/p/s/pd/57/
2.1.2 Fokus: Landnutzung – Forstwirtschaft		
FNR: Rohstoffmonitoring Holz	2014 - 2017	Das Projekt Rohstoffmonitoring gibt einen umfassenden Einblick in das Aufkommen und die Verwendung des Rohstoffes Holz. Als Grundlage dienen Analysen zu den einzelnen Aufkommens- und Verwendungssektoren des Rohstoffs Holz. Der Schwerpunkt des Rohstoffmonitorings liegt auf statistisch nicht oder nur unzureichend erfassten Sektoren wie beispielsweise Privathaushalte. Aber auch in Märkten, die durch die amtliche Statistik erfasst werden, besteht Bedarf an ergänzenden Informationen; so etwa beim Rohstoffmix in der Holzwerkstoffindustrie oder bei Untererfassung einer Branche wie zum Beispiel die Sägeindustrie. Im Rahmen dieses Projektes soll ein methodisches Gesamtkonzept entwickelt werden, das im Sinne einer statistischen Berichterstattung einerseits die jüngste Marktentwicklung abbildet, dabei aber andererseits auch Informationen aus dem längerfristigen Trend berücksichtigt und sich somit als Gesamtmethode zur Verstetigung des Rohstoffmonitorings eignet. Das Rohstoffmonitoring hat für aktuelle politische Fragestellungen eine wichtige

2. Nachhaltigkeit und Ressourcenbasis der Bioökonomie		
Fördereinrichtung und Projektname	Zeitraumen	Beschreibung, Partner und Link
		Informationsfunktion und trägt dazu bei, forst- und holzmarktpolitische Entscheidungen zu verbessern. Zusätzlich sollen die Ergebnisse der nationalen und internationalen Berichterstattung dienen. UH und INFRO (U. Mantau) http://www.fnr.de/index.php?id=911&alles=1&status=Inhalt&fkz=22021614&suche=Monitoring&suchefkz=Nummer%20eingeben!&sucheadresse=Namen%20eingeben!&von=01.04.1992&bis=03.02.2015&zeitraum=formular&minz=0&maxz=58&anzahl=10&zurueck=1
EC (ERA-NET WoodWisdom-Net): FASTFORESTS – Impacts of faster growing forests on raw material properties with consideration of the potential effects of a changing climate on species choice	2014 - 2017	The focus is on the management of even-aged forests for maximum wood production and meeting industrial requirements for timber quality, while reassuring the public's concerns regarding the environmental sustainability of the forest industry. The project has three specific objectives: 1) use modelling approaches to present options of ensuring the quantity of future wood supply from the forest under a changing climate, using adapted tree species and provenances grown under sustainable management systems 2) develop new approaches for the allocation of raw material to end products, increasing efficiency in production and reducing waste. 3) identify means to improve social acceptance of intensively managed forests. International partners led by University College Dublin. http://www.woodwisdom.net/wp-content/uploads/2014/09/summary_fastforests.pdf
BMEL und ERA-NET Bioenergy und WoodWisdom: Regiopower A regional IT-based platform for bringing resource needs and land-based resource production together	2012 - 2015	RegioPower is an interdisciplinary project, which focuses on the WoodWisdom / BioEnergy call text topic "Forest for multiple needs of society, including enhanced productivity and optimised use of forest feedstock" and within this topic on (e) "Handling conflicting interests of land-use incl. increased feedstock production for bioenergy and forest industry vs. other needs of society" under consideration of aspects touched by focus area (c) "Innovative concepts, processes and products for the commercialisation of forest ecosystem services, soft values and non-wood forest goods (including consumer expectations)" and (b) "Innovative concepts and processes for multiple use of forest land and forest-based feedstocks (e.g. wood for energy, building, furniture, pulp and paper, chemistry) and/or increased revenue to forest land owners". Coordinated by the European Land-use Institute (Uni of Bonn) http://regiopower.eli-web.com
BMWi: Energieholz und Biodiversität - Die Nutzung von Energieholz als Ansatz zur Erhaltung und Entwicklung national bedeutsamer Lebensräume	2009 - 2013	Es sollen kostengünstige Verfahrensweisen zur Energieholznutzung in unbelasteten sowie munitionsbelasteten Natura 2000-Gebieten als Pflegemodul zur Erhaltung wertvoller Lebensraumtypen entwickelt werden. Die Methoden zur Abschätzung der Biomassepotenziale und der nachwachsenden Biomasse werden weiterentwickelt. Aktuell eingesetzte Bereitstellungstechnologien werden bewertet und davon Entwicklungs- und Optimierungspotenziale für neue Technologien abgeleitet. Die erzielte Ware (Hackschnitzel aus Landschaftspflegeholz) soll analysiert, bewertet und verbessert werden. Ökologisch (CO ₂ -Bilanzen) und naturschutzfachlich effektive und schonende Verfahrensweisen sollen entwickelt werden. Der verwaltungstechnische Aufwand soll verringert werden. Hochschule Anhalt, Fachhochschule Erfurt.

2. Nachhaltigkeit und Ressourcenbasis der Bioökonomie		
Fördereinrichtung und Projektname	Zeitraumen	Beschreibung, Partner und Link
		http://www.naturstiftung-david.de/index.php?pageid=30
BMU: Entwicklung von automatisierten Biomasse-Analyse- und Bewertungsinstrumenten auf Basis von Laserscan-Rohdaten am Bsp. von Süddeutschland und bundesweiten Fallstudien	2009 - 2013	Mit der Entwicklung von anwendungsnahen automatisierten Fernerkundungs-Instrumenten sollen Landschaftspflegeholz und explorativ Brachflächen flächenscharf und landesweit detektiert, typisiert und ihr Biomassepotenzial berechnet werden. Die generierten Kataster ermöglichen eine direkte Berechnung dieser Biomasse-Vorräte (keine Schätzungen). Als Hilfsmittel werden Anwender-Tools entwickelt, die die wesentlichen Auswertungen automatisieren (Aufbau einer Gehölzdatenbank). Universität Hohenheim - Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie - Fachgebiet Landschaftsökologie und Vegetationskunde https://www.energetische-biomassenutzung.de/index.php?id=138&L=0&tx_jbprojects_pi3[showUid]=55&cHash=d7ed7e0f466c822f8a8dfda7d39b32a9
BMEL: GREENERGY - Anbau schnellwachsender Baumarten auf Grünlandstandorten zur Erhöhung des Rohstoffpotenzials für die energetische Holzverwendung	2010 - 2011	Das Ziel der Arbeit ist die kriterienbasierte Identifizierung von Grünlandflächen, die für die Anlage von schnell wachsenden Baumarten in Kurzumtriebsplantagen (KUP) geeignet sind. KIT , TU Dresden (Institut für Forst- und Holzwirtschaft Osteuropas, Institut für Allgemeine Ökologie und Umweltschutz, Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Institut für Technik- und Umweltrecht), Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (Institut für landwirtschaftliche Betriebslehre), TLL, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie , Bayrische Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft , Landesforstbetrieb Sachsen-Anhalt , Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern , Kompetenzzentrum HessenRohstoffe http://www.itas.kit.edu/projekte_roes10_greenenergy.php
EC: EuWood - Real Potential for Changes in Growth and Use of EU Forests	2008 - 2010	The aim of the project is to improve knowledge on the woody biomass demand and supply situation, analyse the future development of biomass, document and develop methods for woody biomass studies and provide recommendations for policy processes. Based on the structure of national Wood Resource Balances the project will integrate all possible flows of wood fibres in national and European regions. It will examine the direct supply from forests and woody biomass outside forests, woody co-products from wood-processing industries as well as post-consumer recovered wood. The study will also examine the outlook until 2030, explore options and provide recommendations for balancing material and energy use, increasing woody biomass potentials, proposing means to overcome barriers of mobilization and outlining proposals on how to integrate social and environmental constraints into the estimations of wood resource potentials. Co-ordinated by UH . http://www.iwbio.de/fileadmin/Publikationen/IWBio-Publikationen/euwood_final_report.pdf
2.1.3 Fokus: Ressourcenbasis		
EC: OPERAs - Ecosystem Science for Policy & Practice	2012 - 2017	The ecosystem services and natural capital concepts have been adopted in high-level policy frameworks, however, there is a wide gap between the wealth of ecosystem science and the practical application of this knowledge in policy and decision-

2. Nachhaltigkeit und Ressourcenbasis der Bioökonomie		
Fördereinrichtung und Projektname	Zeitraumen	Beschreibung, Partner und Link
		making practice. The OPERAs project will explore whether, how and under what conditions these concepts can move beyond the academic domain towards practical implementation in support of sustainable ecosystem management. Co-ordinated by Uni. of Edinburgh with 27 partners, incl German partners like KIT und Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universitaet Bonn http://www.operas-project.eu/
IASS und FNR: Renewable resources and the Sustainable Development Goals Forum	2014-2016	The newly established Forum for Renewable Resources and the SDGs will provide strategies to integrate SDG targets and indicators on issues related to renewables, soil and land, sustainable consumption and production, and land governance. Furthermore, the forum will assess the role of renewable raw materials for sustainable development. IASS . http://www.iass-potsdam.de/de/forschung/globaler-gesellschaftsvertrag-fuer-nachhaltigkeit/sustainability-governance-boeden-ozeane
EC: EnAlgae	2011 - 2015	Ziel ist es, eine Evaluierung algenbasierter Prozessketten aus ökologischer, ökonomischer und sozialer Sicht vorzunehmen und die entsprechend effizientesten und vorteilhaftesten Produktions- und Nutzungswege aufzuzeigen. Das Projekt vereint 19 Institutionen mit einem Budget von 14,4 Mio. Euro http://www.enalgae.eu
EC: BERST - BioEconomy Regional Strategy Toolkit For benchmarking and developing strategies	2013 - 2015	The purpose of BERST is to answer the following questions: What is the current bioeconomy potential of EU regions? What is the future bioeconomy potential of EU regions? How to close the gap between current and future bioeconomy potential of EU regions? How to develop smart strategies for regional bioeconomies in the EU? Multiple European partners (Coordinated by LEI and incl. FNR). http://www.berst.eu/Default.aspx
BMEL: Biomassepotenziale und deren Nutzung unter besonderer Berücksichtigung der Rest- und Abfallstoffe - Status quo in Deutschland	2014 - 2015	Ziel des Projektes ist es, institutionenübergreifend den aktuellen Wissensstand bzgl. der deutschen Biomassepotenziale und deren Nutzung in Form einer Datentabelle zusammenzutragen. Die Datensammlung erfolgt unter der Beteiligung der folgenden Einrichtungen: DBFZ, Informationssysteme für Rohstoffe, TLL, Hochschule Bremen Institut für Umwelt- und Biotechnik . http://www.fnr.de/index.php?id=911&alles=1&status=Inhalt&fkz=22020114&suche=Stichwort%20eingeben!&suchefkz=Nummer%20eingeben!&sucheadresse=leipzig&von=01.04.1992&bis=24.10.2013&minz=0&maxz=58&anzahl=10&zeitraum=formular
BMVBS: Biomassepotenziale und Nutzungskonkurrenzen: Kurzstudie im Rahmen der Wissenschaftlichen Begleitung, Unterstützung und Beratung des BMVBS in den Bereichen Verkehr und Mobilität mit besonderem Fokus auf Kraftstoffen und	2013	Durch einen statistischen Ansatz wurden im Rahmen dieser Kurzstudie die Potenziale von Acker- und Grünland zum Anbau von Biomasse für energetische oder stoffliche Zwecke auf Bundeslandebene bis zum Jahr 2030 bestimmt. Die Ausgangsbasis bilden die in Deutschland insgesamt verfügbaren landwirtschaftlichen Flächen. Sukzessive wurde im weiteren Vorgehen der Bedarf an Flächen für andere Nutzungen (Nahrungs- und Futtermittelproduktion, Flächen für Umwelt- und Naturschutz usw.) abgezogen. Durch einen Szenarienansatz wurde insbesondere der Einfluss einer verstärkten Umsetzung von ausgewählten ökologischen Zielen (einschl. der Ausweitung ökologischer Landbewirtschaftung) auf die Flächenpotenziale untersucht. DLR, IFEU, Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH,

2. Nachhaltigkeit und Ressourcenbasis der Bioökonomie		
Fördereinrichtung und Projektname	Zeitraumen	Beschreibung, Partner und Link
Antriebstechnologien sowie Energie und Klima		DBFZ http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/UI-MKS/mks-kurzstudie-nutzungskonkurrenzen.pdf?__blob=publicationFile
EC: BEE - Biomass Energy Europe	2008 - 2010	The Biomass Energy Europe (BEE) project was initiated to harmonise methodologies for biomass resource assessments for energy purposes in Europe and its neighbouring countries. The harmonisation will improve consistency, accuracy and reliability of biomass assessments for energy, which can serve the planning of a transition to renewable energy in the European Union. The major focus of the project has been on methodological and dataset harmonisations fostered by ongoing research of a multidisciplinary team of project participants, and on the opportunities of utilising both earth observation and terrestrial data for biomass assessments and the integration of multiple data sources. The relevant sectors that have been investigated are forestry, energy crops, residues from traditional agriculture and waste. Co-ordinated by the University of Freiburg with further German partners including IFEU und UH . http://www.eu-bee.eu/
2.2 Nachhaltigkeit der Bioökonomie		
2.2.1 Fokus: Produktbezogene Nachhaltigkeit		
EC: BioTrade2020plus	2014 - 2016	The main aim of BioTrade2020plus is to provide guidelines for the development of a European Bioenergy Trade Strategy for 2020 and beyond. It shall ensure that imported biomass feedstock is sustainably sourced and used in an efficient way, while avoiding distortion of other markets. The project has the following specific objectives: a) Determine sustainable potentials of lignocellulosic biomass in the main sourcing regions outside the EU and definition and application of sustainability criteria and indicators. b) Give insights in possible availability and indicative costs of sustainably produced lignocellulosic biomass from the main sourcing regions outside the EU, including interactions with demand from other sectors and other regions. c) Provide European industry with transparent information to identify, quantify and mobilize sustainable and resource efficient lignocellulosic biomass resources from the main export regions to the EU to complete their biomass supply needs by means of a user friendly interactive tool based on GIS and an integrated user interface. This includes a SWOT analysis of the selected supply chains. d) Create a policy strategy to promote the use of bioenergy, ensuring a sustainable and fair supply market from outside the EU to complement the existing demand without halting domestic production. Led by CENER (Spain) the German partners include WIP and IINAS . http://www.biotrade2020plus.eu/
BMEL: Initiierung und Einrichtung eines Netzwerkes "Nachhaltigkeitszertifizierung der Rohstoffbasis für die stoffliche Nutzung"	2011 - 2014	Im Bereich der flüssigen Energieträger ist in Deutschland seit dem Jahr 2011 die Nachhaltigkeitszertifizierung gesetzlich vorgeschrieben. Da es logisch und moralisch nicht einsichtig ist, nur Biokraftstoffe zu zertifizieren und zudem das Problem der indirekten Landnutzung nur innerhalb der Biokraftstoffzertifizierung kaum gelöst werden kann, ergibt sich daraus die Perspektive mittel- und langfristig die gesamten Agrorohstoffe, d.h. auch Lebens- und Futtermittel sowie

2. Nachhaltigkeit und Ressourcenbasis der Bioökonomie		
Fördereinrichtung und Projektname	Zeitraumen	Beschreibung, Partner und Link
		<p>Rohstoffe für die stoffliche Nutzung zu zertifizieren. Da bei der Produktion meist nicht unterschieden wird, wofür der Rohstoff später genutzt wird, der Aufbau von Zertifizierungssystemen komplex und arbeitsintensiv ist und zudem eine Doppel- und Mehrfachzertifizierung eine Zumutung für Landwirte, Ersterfasser, Händler und andere Marktteilnehmer wäre, ist es sinnvoll, für die stoffliche Nutzung keine neuen Systeme zu entwickeln, sondern die bestehenden Systeme, die gerade aufgebaut werden, auch für Rohstoffe für die stofflich Nutzung anwendbar zu machen. So können auch die Kosten für alle Beteiligten reduziert werden. Die chemische Industrie in Deutschland setzt zurzeit ca. 2,7 Mio. Tonnen nachwachsender Rohstoffe ein. Der Importanteil von nachwachsenden Rohstoffen wird dabei auf derzeit 60 Prozent geschätzt. Weder in Deutschland noch auf europäischer Ebene ist eine gesetzliche Regelung für die Zertifizierung geplant. Somit kann die Entwicklung von Nachhaltigkeitskriterien nur auf freiwilliger Basis eingeführt werden. Sie muss im Gegenzug den Unternehmen dann auch einen Nutzen bringen. Dieser liegt zum Einen in einem Imagegewinn, der in einer immer "grüner" werdenden Gesellschaft nicht zu unterschätzen ist, und zum anderen in einem Wettbewerbsvorteil gegenüber Konkurrenten, falls eine Zertifizierung europaweit verbindlich kommen sollte. Um diese Ziele zu erreichen, soll eine "Initiative Nachhaltige Rohstoffbereitstellung für die stoffliche Biomassenutzung" (INRO) aufgebaut werden. CPC Berlin. http://www.inro-biomasse.de</p>
EC: Untersuchung des EU Nachhaltigkeitssystems für Biokraftstoffe	2012 - 2013	<p>Die Europäische Richtlinie für Erneuerbare Energien (RED) enthält ein Ziel von 10% erneuerbaren Energien im Verkehrssektor der EU im Jahr 2020. Biokraftstoffe werden bei der Zielerreichung voraussichtlich eine wichtige Rolle spielen. Sämtliche Biokraftstoffe, die auf dieses Ziel angerechnet werden, müssen die Erfüllung von verbindlichen Nachhaltigkeitskriterien nachweisen. Zwei Jahre nach der Implementierung der Nachhaltigkeitsanforderungen hat die Europäische Kommission Ecofys gemeinsam mit Winrock und dem Institut für europäische Umweltpolitik (IEEP) beauftragt, die praktische Umsetzung der Nachhaltigkeitsanforderungen anhand von drei wichtigen Aspekten zu überprüfen: a) Notwendigkeit der Einführungen verpflichtender Nachhaltigkeitsanforderungen für Biokraftstoffe zum Schutz von Wasser, Boden und Luft b) Effektivität und Verwaltungsaufwand nationaler Systeme zum Nachweis der Erfüllung der verpflichtenden Nachhaltigkeitsanforderungen c) Erfahrungen in der Umsetzung des Massenbilanzsystems zur Überprüfung der Nachhaltigkeit entlang der Biokraftstofflieferkette http://www.ecofys.com/de/projekt/untersuchung-des-eu-nachhaltigkeitssystems-fur-biokraftstoffe-2/</p>

2. Nachhaltigkeit und Ressourcenbasis der Bioökonomie		
Fördereinrichtung und Projektname	Zeitraumen	Beschreibung, Partner und Link
EC: Monitoring der Nachhaltigkeit von Biokraftstoffen in der EU	2012	Um die Europäische Kommission hinsichtlich der Berichterstattungspflicht im Rahmen der Erneuerbaren Energien Richtlinie zu unterstützen, analysierte Ecofys in diesem Projekt die Fortschritte der EU Mitgliedsstaaten und die Nachhaltigkeitsauswirkungen von Biokraftstoffen in der EU. Gemeinsam mit Fraunhofer ISI , der Fakultät für Energieökonomie an der TU Wien und BBH untersuchte Ecofys die Auswirkungen von in der EU verbrauchten Biokraftstoffen (wie etwa auf Luft, Wasser, Biodiversität sowie sozio-ökonomische Effekte). Diese Auswirkungen entstehen zum größten Teil in der EU selbst, da hier der Großteil der Rohstoffe produziert wird. Der verbleibende Anteil kommt überwiegend aus Argentinien, Brasilien, den USA, Malaysia und Indonesien. In diesen Ländern wurde unter anderem die Landnutzung, aber auch der rechtliche Rahmen zur Gewährleistung der Nachhaltigkeit untersucht. Unter Berücksichtigung sowohl lokaler als auch globaler Effekte wurde die Diskussion um Biokraftstoffe und Ernährungssicherheit analysiert. Manche Auswirkungen können nicht direkt dem Biokraftstoffverbrauch in der EU zugeordnet werden, sondern resultieren vielmehr aus der potenziellen Attraktivität des EU Biokraftstoffmarkts. Dies trifft etwa auf einige Grundstücksgeschäfte in Afrika zu. http://www.ecofys.com/de/projekt/monitoring-der-nachhaltigkeit-von-biokraftstoffen-in-der-eu/
UBA: Kriterien einer nachhaltigen Bioenergienutzung im globalen Maßstab	2006 - 2008	Das Ziel war die Erarbeitung von Kriterien zur Nachhaltigkeit von Bioenergie aus globaler Sicht. IFEU, FSC arbeitstgruppe De, Germanwatch. http://www.ifeu.de/index.php?bereich=nac&seite=bioenergienutzung
BMUB: Sozial-ökologische Bewertung der stationären energetischen Nutzung von importierten Biokraftstoffen am Beispiel von Palmöl	2007	Das Projekt soll eine Bestandaufnahme der energetischen Nutzungsmöglichkeiten von Palmöl sowie der tatsächlichen Nutzung und Informationen zum Anbau und Handel liefern. Außerdem werden die wahrscheinlichen ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Konsequenzen der Nutzung von Palmöl identifiziert. Ergänzend hierzu werden beispielhafte Praktiken wie auch Ansätze zur Zertifizierung einer nachhaltigen Produktion von Palmöl dokumentiert. Schließlich sollen politische Möglichkeiten zum Ausschluss energetischer Nutzungen von nicht nachhaltig erzeugten Palmöl aufgezeigt werden. WI.
2.2.2 Fokus: Umweltauswirkungen		
BMW: Analyse von klimarelevanten Emissionen bei der Biogaserzeugung und -verwertung	2009 - 2012	Ziel des Vorhabens ist eine detaillierte Analyse der klimarelevanten Emissionen, die bei der Erzeugung von Biogas aus Bioabfällen entstehen. Darauf aufbauend sollen Ökobilanzierungen eine Bewertung der angewandten Technologie ermöglichen. Das Optimierungspotenzial wird in Form eines Maßnahmenkataloges für Emissionsminderungen aufgezeigt. Damit unterstützt das Vorhaben die Reduzierung von Treibhausgasen bei der Biogaserzeugung und trägt zu einer klimaeffizienteren Gesamttechnologie bei. Bearbeitet bei DBFZ. https://www.energetische-biomassenutzung.de/index.php?id=138&L=0&tx_jbprojects_pi3[showUid]=7&cHash=c69b68dd31c13d49ee884b47f834378c

2. Nachhaltigkeit und Ressourcenbasis der Bioökonomie		
Fördereinrichtung und Projektname	Zeitraumen	Beschreibung, Partner und Link
UBA: Untersuchung der Umweltwirkungen von Verpackungen aus biologisch abbaubaren Kunststoffen	2012	Die Studie beruht auf einer umfangreichen Literaturrecherche sowie eigens durchgeführten ökobilanziellen Berechnungen. Bestandteile sind zudem eine Marktbetrachtung, ein Meinungsbild der Marktakteure sowie Aspekte der Flächenkonkurrenz. IFEU . https://www.ifeu.de/index.php?bereich=oek&seite=bio_ksvp
2.2.3 Fokus: Kreislaufwirtschaft		
BMEL und EC (ERA-NET WoodWisdom-Net): CaReWood: Cascading Recovered Wood	2014 - 2017	The overall objective of this project is to introduce an upgrading concept for recovered solid timber as a source of clean and reliable secondary wooden products for the European industry. Such a concept will further strengthen the market competitiveness and the sustainability of wood based products. The CaReWood project will develop a business model for cascade use of wood recovered from building renovation and demolition, the furniture sector and the packaging and transport industries. 17 Partners from 5 countries, co-ordinated by the TUM, Lehrstuhl für Holzwissenschaft http://carewood.eu/index.html
BMEL und EC (ERA-NET WoodWisdom-Net): ReWoBioRef - Mobilisation and utilisation of recycled wood for lignocellulosic biorefinery processes	2014 - 2017	The main objective is to explore the techno-economic feasibility, scientific requirements and material specifications to utilize recycled waste wood in lignocellulosic biorefinery processes as an alternative feedstock source. The secondary aim is to valorize the recycled waste wood components (cellulose, hemicelluloses and lignin), for more sustainable biobased fuels, chemicals and materials. The ReWoBioRef project addresses only recycled waste wood that has already gone through one utilisation stream and therefore is considered as secondary raw material having reached the end-of-waste criteria according to the EC waste directive. As recycled waste wood often still contain physical and chemical contaminants, such as metals, stones, glues, paints and melamines, applicable collection, pre-selection and sorting mechanisms should be developed, and economically feasible alternative utilization streams should be identified. Multiple European partners led by Fraunhofer WKL . http://www.rewobioref.eu/

Tabelle 7.6 Einschlägige Projekte: Modellierung der Bioökonomie

3. Modellierung der Bioökonomie		
Fördereinrichtung und Projektname	Zeitraumen	Beschreibung, Partner und Link
EC: Geo-Wiki	2009 - ongoing	land cover derived from remotely sensed products is an important input to a number of different global, regional and national scale applications including resource assessments and economic land use models. During the last decade three global land cover datasets have been created, i.e. the GLC-2000, MODIS and GlobCover, but comparison studies have shown that there are large spatial discrepancies between these three products. One of the reasons for these discrepancies is the lack of sufficient in-situ data for the development of these products. In 2009 IIASA, the University of Applied Sciences Wiener Neustadt, and the University of Freiburg developed and set up a geospatial Wikipedia based on the Google Earth platform to address this issue; a crowdsourcing tool called Geo-Wiki has been developed. Geo-Wiki development has been financed by the European Commission via framework funding and an Austrian Funding Agency project called LandSpotting. Geo-Wiki has two main aims: (1) To increase the amount of in-situ land cover data available for training, calibration and validation, and (2) To create a hybrid global land cover map that provides more accurate land cover information than any current individual product. http://geo-wiki.org/
DFG: Agrarlandschaften unter dem Einfluss des globalen Klimawandels - Prozessverständnis und Wechselwirkungen auf der regionalen Skala	2012 - 2018	Der globale Klimawandel wird sich in den kommenden Jahrzehnten erheblich auf die Struktur und die Funktionen natürlicher und naturnaher Ökosysteme, die Artenvielfalt, die Nahrungsmittelproduktion, die Wasserverfügbarkeit, die menschliche Gesundheit und die wirtschaftliche Entwicklung in vielen Regionen der Welt auswirken. Durch Anpassungsmaßnahmen lassen sich die teilweise dramatischen Folgen der Klimaänderung zwar abmildern, doch für konkrete Strategien fehlen genaue regionale Prognosen. Denn was nutzen weltweite Durchschnittswerte, wenn unklar ist, ob sie sich vor Ort als Hitze, Sturm, Überschwemmung oder Trockenheit niederschlagen? Mithilfe von Messkampagnen, Experimenten und Computermodellen erforschen Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen der Universität Hohenheim, des Helmholtz-Zentrums München und der Justus-Liebig-Universität Gießen in einem interdisziplinären Verbund, worauf sich Baden-Württemberg, Deutschland und Europa angesichts des Klimawandels einstellen müssen https://klimawandel.uni-hohenheim.de/start
MIWF: BEProMod - Incremental multi-scale and multi-disciplinary Modeling of Processes in Bioeconomy	2014 - 2017	The major aim of this multi-disciplinary project is to establish a scalable modeling framework for processes in bioeconomy which anticipates future model refinements and adaptations. In this project, a highly sophisticated computational machinery for automatic model manipulation and numerical computing will be developed, which lies beyond present off-the-shelf software. The software will be delivered together with an example full plant biorefinery model including both technical and biological parts. Forschungszentrum Jülich http://www.biosc.de/bepromod

3. Modellierung der Bioökonomie		
Fördereinrichtung und Projektname	Zeitraumen	Beschreibung, Partner und Link
EC: FOODSECURE – An interdisciplinary research project to explore the future of global food and nutrition security	2012 – 2017	FOODSECURE provides a set of analytical instruments to experiment, analyse, and coordinate the effects of short and long term policies related to achieving food security. 19 partners from 13 countries coordinated by LEI and including German partner ZEF. WP Long term modelling: This work package develops advanced tools that will be used to inform long-term policy making and increase policy coherence. The work package brings together the strengths of six models (MAGNET, MIRAGE, IMPACT, GLOBIOM, IMAGE and EPIC) into one toolbox capable of capturing global economic and biophysical developments to 2050 and analyzing food and nutrition security impacts of a range of policies. http://www.foodsecure.eu
MIWF: Econ-BioSC - Biomass flows and technological innovation in the bioeconomy: A global scenario analysis	2015	This interdisciplinary project contributes to improving the knowledge on the impacts of global biomass trade flows and bioeconomic technological innovation on economic indicators in NRW and Germany as well as environmental impact indicators in major biomass exporting countries. It addresses the lack of an explicit German research agenda on sustainability governance in the bioeconomy. Ecological-economic modelling techniques and innovation road mapping will be combined to simulate global biomass flows and their impacts in alternative scenarios that are developed in participatory stakeholder consultations. http://www.biosc.de/econbiosc
BMWi: Biomasse-Erkundung und Monitoring Phase 2 (BiomassMon2)	2014 - 2015	Mit dem Vorhaben werden die Möglichkeiten untersucht, ein erdbeobachtungsbasiertes Biomasseerfassungs- und -Monitoring-System zu entwickeln, das die Ziele der nationalen Energiewende in Deutschland unterstützt, indem es Aussagen für die nationale Ebene (etwa für politische Entscheidungsprozesse) aber auch für regionale und lokale Fragestellungen (etwa zur Standortwahl für Biomasseverwertungsanlagen bzw. deren Betriebsmanagement) bietet. EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH, Münster, Fraunhofer UMSICHT, Institut für Photogrammetrie und GeoInformation der Leibniz Universität Hannover http://www.biomassmon.info http://www.ipi.uni-hannover.de/projekt_abt1.html?tx_tkforschungsberichte_pi1%5Bbackpid%5D=38&cHash=97daf532db6ab0828edc8d589c797c73&tx_tkforschungsberichte_pi1%5BshowUid%5D=148
EC: ILUC Quantification Study of EU Biofuels	2013 -2015	The objective of the project is to provide support to the European Commission (DG Energy) in the modeling of indirect land use change associated to the 10% target for renewable energy share in EU transport. Modelling will cover both conventional and advanced biofuel feedstocks and all existing and likely relevant production pathways for the period up to 2020. The consortium will use the GLOBIOM model for this purpose. Ecofys, IIASA and E4tech. http://www.globiom-iluc.eu/

3. Modellierung der Bioökonomie		
Fördereinrichtung und Projektname	Zeitraumen	Beschreibung, Partner und Link
EC: SAT-BBE (Systems analysis Tools Framework for the EU Bioeconomy)	2012 - 2015	<p>In SAT-BBE wird ein systemanalytischer "Werkzeugkasten" entwickelt, um die funktionalen Bedarfe der Bioökonomie besser zu verstehen. Die Systemanalyse bezieht die Beziehungen zwischen den einzelnen Elementen eines Systems, die Art dieser Elemente und ihrer Beziehungen untereinander in die Untersuchung mit ein. In diesem Sinne werden in SAT-BBE zunächst die Sektoren, die zur Bioökonomie zählen, definiert und darüber hinaus die Interaktionen bzw. Rückkoppelungen zwischen der Bioökonomie und den anderen Elementen des Systems identifiziert und analysiert. Ferner werden wahrscheinliche Auswirkungen und Zielkonflikte der Treiber einer Bioökonomie untersucht. Darüber hinaus wird SAT-BBE zeigen, wie existierende Daten und quantitative Modelle sowie deren (zukünftige) Erweiterungen und qualitative Analysen genutzt werden können, um die Entwicklungen der Bioökonomie, ihre Interaktion mit anderen Teilen des Wirtschaftssystems und letztlich ihre Auswirkungen auf die natürlichen Ressourcen zu beschreiben. Mit dem SAT-BBE-"Werkzeugkasten" wird es auf diese Weise möglich sein, die Entwicklung und Zukunftsperspektiven der Bioökonomie in der Europäischen Union zu beobachten, darzustellen und zu erklären. Ziel ist die Beschreibung, Beobachtung und Modellierung der Bioökonomie als Teil des Wirtschaftssystems sowie die Entwicklung eines systemanalytischen Rahmens für die Bioökonomie. Koordination: LEI mit z.B. WI und TI.</p> <p>http://www3.lei.wur.nl/satbbe/default.aspx</p>
BMUB: REDD-PAC: REDD+ Policy Assessment Center	2011 - 2015	<p>The REDD-PAC project will develop novel models, data and analysis that can show the multiple effects of land use policies. These models and tools will help to identify ways of achieving a balance between the multiple goals of REDD+ for each specific regional case. A global land use model (GLOBIOM), developed by IIASA, will be used to support high resolution REDD+ planning. GLOBIOM projects land use change by spatially modelling supply and demand for competing agricultural, bioenergy and forest commodities. The project will use GLOBIOM for analysis of different land use policies (including those addressing biodiversity priorities), with a focus on Brazil and the member countries of the Central African Forests Commission (the Congo Basin). Results of GLOBIOM will be used to assess the economic and biodiversity impacts of different REDD+ policy options, and their potential contribution to achieving the CBD's Aichi Targets, economic growth or food security. IIASA; UNEP-WCMC, UK; Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, Brazil) Central African Forest Commission (Yaoundé, Cameroon).</p> <p>http://redd-pac.org/index.php</p>
EC: VOLANTE: Visions of land use transitions in Europe	2010 - 2015	<p>The overall project aim is to inform European policy and land management about the bandwidth of critical pathways for multifunctional and sustainable land use. Land management and policy options will be identified in time and in space and their consequences will be evaluated in terms of the provisioning of ecosystem and biodiversity services. The research on PROCESSES will analyse the empirical, evidence-base of land use change in Europe and the geographic variability of the processes that cause these changes. Research on ASSESSMENT will use modelling</p>

3. Modellierung der Bioökonomie		
Fördereinrichtung und Projektname	Zeitraumen	Beschreibung, Partner und Link
		tools to explore dynamics and feedbacks across spatial and temporal scales in the identification of critical pathways for land management. The research on VISIONS will narrow down the infinite spectrum of possible policy decisions to a bandwidth of relevant and sustainable land management options, expressed in the Roadmap. Coordinated by Alterra-LEI German partners include PIK and Humboldt University Berlin http://www.volante-project.eu
BMBF: CC-LandStraD - Wechselwirkungen zwischen Landnutzung und Klimawandel - Strategien für ein nachhaltiges Landmanagement Deutschland	2010 - 2015	Das Ziel des Verbundvorhabens CC-LandStraD ist es, Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Landnutzungsformen und dem Klimawandel zu analysieren sowie alternative Landnutzungsstrategien aufzuzeigen und zu bewerten. Im Einzelnen geht es darum, a) im Dialog mit beteiligten Akteuren sektorübergreifende Landnutzungsstrategien zu erarbeiten (Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Siedlung & Verkehr), b) eine integrierte naturwissenschaftliche und ökonomische Modellierung von Wechselwirkungen zwischen Landnutzung, Biogeosphäre und Klima weiterzuentwickeln, c) Zielkonflikte zwischen klimaoptimierten Landnutzungsstrategien und anderen gesellschaftlichen Ansprüchen sowie Rückkoppelungen mit globalen Märkten aufzuzeigen und zu bewerten, d) anhand von Beispielregionen die Umsetzbarkeit von Landnutzungsstrategien, durch die sich Klimaschutzziele erreichen lassen, auch unter Berücksichtigung der rechtlichen Rahmenbedingungen zu überprüfen. TI, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), IÖW, PIK, Westfälische Wilhelms-Universität (WWU,) und Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) http://www.cc-landstrad.de
BMEL und BMWi: GoViLa - Governance zur Verminderung indirekter Landnutzungsänderungen; Teilvorhaben 2: Modellierung von Landnutzungsänderungen	2012 - 2014	Das Projekt untersucht die Frage, ob und wie Deutschland zukünftig Biokraftstoffe bzw. deren Rohstoffe produzieren oder importieren kann, ohne dadurch Landnutzungsänderungen auszulösen. Das Vorhaben basiert auf einem regionalen Ansatz für vier Untersuchungsregionen: -Deutschland-Brasilien-Indonesien,-Ukraine / Weißrussland. Vorhabensziel ist es, zu ermitteln, unter welchen Policy-Szenarien sich welche Gestaltungsspielräume (room for manoeuvre) für eine erhöhte Nachfrage nach Biokraftstoffen ergeben. Die Erarbeitung von Policy-Szenarien erfolgt auf Basis einer ausführlichen Situationsanalyse durch vor-Ort-Untersuchungen und Delphi-Analysen in den Regionen. Die relevanten Policy- Szenarien bilden die Grundlage für die modelltechnische Ermittlung der zu erwartenden iLUC-Effekte und der damit verbundenen Kohlenstoffflüsse. Eingesetzt wird ein Verbund der Modelle MIRAGE (IFPRI) und Landshift (Universität Kassel), mit dem eine regionale Zuordnung der iLUC-Effekte möglich ist. Die erhaltenen Forschungsergebnisse werden abschließend zu Empfehlungen für die nationale und die Europäische Ebene aggregiert: TU Darmstadt, IFPRI, Universität Kassel (CESR), CIFOR. http://www.govila.tu-darmstadt.de/govila_govila/willkommen_govila/index.de.jsp

3. Modellierung der Bioökonomie		
Fördereinrichtung und Projektname	Zeitraumen	Beschreibung, Partner und Link
Ukaid and USDA: AgMIP - The agricultural Model Intercomparison and Improvement Project	2011-2013	<p>Over the period 2011-2013 the global economics (GlobEcon) team in AgMIP has conducted an extensive model intercomparison. The origins of the comparison activities can be traced to a project that was organized by the OECD in late 2010 to compare results from three models. The first phase of the AgMIP global economic research includes 10 models and was designed in part to support the IPCC fifth assessment report (AR5). As a main result, a PNAS paper and a special issue in the journal Agricultural Economics have been produced, containing articles on model performance in assessing the effects of climate change, bioenergy policy, and socioeconomics on agriculture. The special issue includes seven peer-reviewed articles that present thematic results from a range of modeling strategies, with partial and general equilibrium modeling as a high level distinction but a myriad of differences within these two model types. A central common element is harmonization on biophysical effects using global gridded crop models (AgGRID) and socioeconomic effects using drivers from the Shared Socioeconomic Pathways (SSP) developed as part of the AR5 process. The PNAS paper and the special issue provide broad insights into how the modeling groups approached the interactions of climate, socioeconomics, and bioenergy policy on agricultural outcomes, including land use, prices, consumption, and production. PIK has been involved with the coordination of the global economics team.</p> <p>http://www.agmip.org/global-economics-team/</p>
EC: EuroGEOSS	2009 - 2012	<p>The project builds an initial operating capacity for a European Environment Earth Observation System in the three strategic areas of Drought, Forestry and Biodiversity. It then undertakes the research necessary to develop this further into an advanced operating capacity that provides access not just to data but also to analytical models made understandable and useable by scientists from different disciplinary domains. This concept of inter-disciplinary interoperability requires research in advanced modelling from multi-scale heterogeneous data sources, expressing models as workflows of geo-processing components reusable by other communities, and ability to use natural language to interface with the models. The extension of INSPIRE and GEOSS components with concepts emerging in the Web 2.0 communities in respect to user interactions and resource discovery, also supports the wider engagement of the scientific community with GEOSS as a powerful means to improve the scientific understanding of the complex mechanisms driving the changes that affect our planet. Ultimately, EuroGEOSS outcomes will be extended to issues on a global scale through our sustainability initiative to support user understanding and applications for improving societal conditions.²³ partners including German partners UH und Albert-Ludwigs Universität Freiburg</p> <p>http://www.eurogeoss.eu</p>

3. Modellierung der Bioökonomie		
Fördereinrichtung und Projektname	Zeitraumen	Beschreibung, Partner und Link
EC: PASHMINA – Paradigm shifts modeling and innovative approaches	2009 - 2012	<p>The project will show that it is possible to better address global changes in a long term time perspective (2030--2050), making a first development of tools - new generations of models and indicators - with enhanced capabilities to take into account the interaction between the economy and the environment, paradigm shifts in the energy-transport-environment nexus and the land-use and territorial functions. International consortium including Ifw.</p> <p>http://www.pashmina-project.eu/</p>
EC: CC-TAME Climate Change: Terrestrial Adaptation & Mitigation in Europe)	2008 - 2011	<p>The main idea that led to this proposal is the vision of implementing a “policy-model-data fusion” concept which shall guarantee efficient and effective mitigation and adaptation in the land-use sector and maximize benefits from policy coordination with other EU policies. With respect to climate policy a few modelling teams, such as the POLES, PRIMES and IIASA RAINS/GAINS, embraced such a policy-model-data fusion concept. These models are regularly used for strategy building of future international climate policies of the European Union and are used to inform European policy makers for negotiations to implement European policies such as the European Emission Trading System and international negotiations at COPs. These models share the common feature of being data and technology rich bottom-up models. The land use sector is still poorly represented in these models and also lacks the “policy” component in the fusion concept. The CC-TAME project is designed to fill this gap by aligning and linking the currently leading and most suitable land-use models with other climate policy tools to quantify benefits from policy coordination and finally provide consistent policy analysis across sectors including the entire land-use sector. All policy models in CC-TAME are data and technology rich bottom-up models, which are fed by information from plot level simulation “experiments” which guarantees robustness of results and will illustrate the impacts and efficiency of policies on various levels of aggregation both in terms of economic impacts and on the concrete place specific concrete management practice. Led by IIASA with German partners UH, EuroCARE and Max-Planck Institut für Meteorologie</p> <p>http://www.cctame.eu/index.html</p>

7.2.2 Forschungseinrichtungen

Tabelle 7.7 Forschungseinrichtungen

Abkürzung	Name	Kurze Beschreibung u. Link
BTU	Brandenburgische, Technische Universität Cottbus-Senftenberg	Die BTU Cottbus-Senftenberg versteht sich als eine forschungsintensive Universität mit starker Grundlagen- und Anwendungsorientierung. Sie ist durch die klassischen Merkmale einer Technischen Universität charakterisiert. http://www.b-tu.de/
CESR	Center for Environmental Systems Research, Universität Kassel	Das Wissenschaftliche Zentrum für Umweltsystemforschung besteht seit 1994 und ist eine interdisziplinäre Einrichtung der Universität Kassel, unabhängig von den Fachbereichen. In den Projekten des Zentrums kommen insbesondere Systemmethoden (wie Systemanalyse, Szenariotechnik und Computersimulation) zur Anwendung. Die Herangehensweise ist i.d.R. interdisziplinär und problemorientiert. http://www.usf.uni-kassel.de/cesr/
DBFZ	Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH	Der Auftrag des DBFZ ist die angewandte, nachhaltigkeits- und technologieorientierte Forschung zur effizienten Integration von Biomasse als wertvolle Ressource für eine nachhaltige Energiebereitstellung wissenschaftlich im Rahmen angewandter Forschung umfassend zu unterstützen. https://www.dbfz.de/web/
Ecofys	Ecofys	Ecofys ist ein Beratungsunternehmen für Erneuerbare Energien, Energie- & CO ₂ -Effizienz, Energiesysteme & -märkte und Energie- & Klimapolitik. http://www.ecofys.com/de/
Ecologic	Ecologic Institut	Als privates, unabhängiges Institut widmet sich das Ecologic Institut der Aufgabe, relevante gesellschaftspolitische Fragestellungen der Nachhaltigkeitsforschung zu bearbeiten und neue Erkenntnisse in die Umweltpolitik einzubringen. http://www.ecologic.eu/de
FFU	Forschungszentrum für Umweltpolitik, Freie Universität Berlin	Das FFU ist bekannt für seine Forschung zur Rolle von Pionierstaaten in der Politikdiffusion, zur ökologischen Modernisierung und Innovation in Wirtschaft und Gesellschaft sowie zur Politikintegration und -evaluation, zu Indikatoren und Impact Assessment. Die Energiepolitikforschung am FFU behandelt insbesondere die Themen Erneuerbare Energien und Energieeffizienz. http://www.polsoz.fu-berlin.de/polwiss/forschung/systeme/ffu/index.html
Fraunhofer Umsicht	Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik	Als Vorreiter für technische Neuerungen in den Bereichen Energie, Prozesse und Produkte will Fraunhofer UMSICHT nachhaltiges Wirtschaften, umweltschonende Technologien und innovatives Verhalten voranbringen, um die Lebensqualität der Menschen zu verbessern und die Innovationsfähigkeit der Wirtschaft zu fördern. www.umsicht.fraunhofer.de

Abkürzung	Name	Kurze Beschreibung u. Link
IfaS	Institut für angewandtes Stoffstrommanagement	In der Philosophie des IfaS ist die Optimierung der Stoff- und Energieströme weniger eine technische Herausforderung als vielmehr eine Frage des Managements. Die fundierte Analyse der Ist-Situation, der Aufbau von Akteursnetzwerken zur Lösungsfindung, die innovative Kombination neuer und bewährter Technologien sowie die Entwicklung innovativer Finanzierungsinstrumente bilden daher die Arbeitsschwerpunkte des IfaS. http://www.stoffstrom.org/
IFEU	Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH	Im Themenbereich Biomasse und Lebensmittel erstellt das IFEU Ökobilanzen mit verschiedenen Schwerpunkten: Fallbeispiele aus den Bereichen Landwirtschaft, Bioenergie und nachwachsenden Rohstoffen sowie Projekte aus der Grundlagenforschung zur methodischen Standardisierung . https://www.ifeu.de
IfW	Institut für Weltwirtschaft, Universität Kiel	Das Institut sieht seine Hauptaufgabe in der Erforschung innovativer Lösungsansätze für drängende weltwirtschaftliche Probleme. Auf Basis dieser Forschungsarbeiten berät es Entscheidungsträger in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft und informiert die interessierte Öffentlichkeit über wichtige wirtschaftspolitische Zusammenhänge. https://www.ifw-kiel.de/
IINAS	Internationales Insitut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien	IINAS ist eine unabhängige transdisziplinäre Forschungseinrichtung, die in Darmstadt ansässig ist und im April 2012 gegründet wurde. IINAS konzentriert sich auf integrierte Analysen, partizipatives Modellieren und Strategieentwicklung zu Schlüsselproblemen der Nachhaltigkeit, wie z.B. Artenvielfalt, Klimaveränderung, Beschäftigungseffekte, Landnutzung und Ressourceneffizienz. www.iinas.org
IÖW	Institut für Ökologische Wirtschaftsförderung	Das IÖW ist ein führendes wissenschaftliches Institut auf dem Gebiet der praxisorientierten Nachhaltigkeitsforschung. Das IÖW erarbeitet Strategien und Handlungsansätze für ein zukunftsfähiges Wirtschaften – für eine Ökonomie, die ein gutes Leben ermöglicht und die natürlichen Grundlagen erhält. http://www.ioew.de/
IUS	Institut für Umweltstudien Weibel & Ness GmbH	Planungsbüro für Landschaftsplanung, Umweltplanung, Landschaftsarchitektur, Ökologische Gutachten, Ökologische Baubegleitung, verfahrensbegleitende natur- und umweltfachliche Beratung. http://www.weibel-ness.de
IZES	Institute für ZukunftsEnergieSysteme	Die IZES gGmbH fördert Umwelt- und Klimaschutz insbesondere durch die anwendungsnahe Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet von Zukunftstechnologien und Zukunftsmärkten für Energie- und Stoffstromsysteme sowie durch beratende, begleitende und ausführende Tätigkeiten bei der Initiierung, Konzeption und Umsetzung von innovativen Maßnahmen zur rationellen Energienutzung und zur Nutzung erneuerbarer Energien. Dabei werden energietechnische, energiewirtschaftliche und stoffstromorientierte Fragestellungen im Bedarfsfall integriert bzw. systemisch betrachtet. http://www.izes.de

Abkürzung	Name	Kurze Beschreibung u. Link
JLU	Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft	Die enge Verbindung zwischen Theorie und Praxis innerhalb der Agrar- und Ernährungswirtschaft ist ein wesentliches Merkmal der Arbeit. Um unter den komplexen Bedingungen der heutigen Zeit verantwortungsvolle Entscheidungen treffen zu können, sind fundierte Kenntnisse über Unternehmen, ihre Funktionsweise und ihre Handlungsmöglichkeiten in den jeweiligen Branchen besonders wichtig. http://www.uni-giessen.de/cms/fbz/fb09/institute/ibae
KIT	Karlsruher Institut für Technologie	Das KIT verbindet auf einzigartige Weise die Traditionen einer renommierten technischen Universität und einer bedeutenden Großforschungseinrichtung. Dabei sieht sich das KIT in der Verantwortung, durch Forschung und Lehre Beiträge zur nachhaltigen Lösung großer Aufgaben von Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt zu leisten. http://www.kit.edu/index.php
MPI-B	Max-Planck-Institute für Biogeochemie	Max-Planck-Institut für Biogeochemie widmet sich der Erforschung globaler Stoffkreisläufe und der daran beteiligten biologischen, chemischen und physikalischen Umsetzungen. https://www.bgc-jena.mpg.de/
MPI-M	Max-Planck-Institute für Meteorologie	MPI-M ist ein international anerkanntes Institut für Klimaforschung. Ziel des MPI-M ist es zu verstehen, wie und warum sich das Klima auf unserer Erde wandelt. http://www.mpimet.mpg.de/
Nova Institut	Nova Institut GmbH	Das nova-Institut nutzt und entwickelt Expertenwissen sowie innovative Lösungen, um den Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen in der Grünen Chemie, der Industriellen Biotechnologie und bei der Herstellung von Biowerkstoffen zu entwickeln und voranzutreiben. http://www.nova-institut.de
Öko-Institut	Öko-Institut e.V.	Das Öko-Institut ist eine unabhängigen Forschungs- und Beratungseinrichtung für eine nachhaltige Zukunft. Seit der Gründung im Jahr 1977 erarbeitet das Institut Grundlagen und Strategien, wie die Vision einer nachhaltigen Entwicklung global, national und lokal umgesetzt werden kann. http://www.oeko.de
PIK	Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung	PIK untersucht wissenschaftlich und gesellschaftlich relevante Fragestellungen in den Bereichen Globaler Wandel, Klimawirkung und Nachhaltige Entwicklung. Die wichtigsten methodischen Ansätze am PIK sind System- und Szenarienanalyse, quantitative und qualitative Modellierung, Computersimulation und Datenintegration. https://www.pik-potsdam.de
TI	Johann Heinrich von Thünen-Institut - Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei	Ziel ihrer Forschung ist es, Konzepte einer nachhaltigen, ökologisch verträglichen und wettbewerbsfähigen Land- und Ernährungswirtschaft; Forst- und Holzwirtschaft; sowie Seefischerei und Aquakultur zu entwickeln. http://www.ti.bund.de/
TLL	Thüringer Landesamt für Landwirtschaft	Die problem- und praxisorientierte Anwendungsforschung als Grundlage für Beratung und Bildung sowie als Basis agrarpolitischer Handlungsempfehlungen basiert auf der vorhandenen experimentellen Untersuchungskapazität, einem Netz von Versuchen in Referenzbetrieben und eigenen Anlagen sowie zunehmend auf der arbeitsteiligen Kooperation der

Abkürzung	Name	Kurze Beschreibung u. Link
		landwirtschaftlichen Landesanstalten Deutschlands. http://www.thueringen.de/th9/ttl/wir/index.aspx
UFZ	Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung	<p>UFZ erforscht die komplexen Wechselwirkungen zwischen Mensch und Umwelt in genutzten und gestörten Landschaften, insbesondere dicht besiedelten städtischen und industriellen Ballungsräumen sowie naturnahen Landschaften. Die Wissenschaftler des UFZ entwickeln Konzepte und Verfahren, die helfen sollen, die natürlichen Lebensgrundlagen für nachfolgende Generationen zu sichern. http://www.ufz.de</p> <p>Die Helmholtz-Gemeinschaft "Sustainable Bioeconomy" will über das Portfolio-Projekt Sustainable Bioeconomy einen wesentlichen Beitrag zur Integration der Bioökonomie-Forschung in Deutschland leisten. Der Schwerpunkt liegt auf der disziplin- und sektorübergreifenden Zusammenarbeit zwischen den Helmholtz-Zentren FZJ, GFZ, HMGU, KIT und UFZ sowie ihren regionalen Partnern aus Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen. http://www.ufz.de/index.php?de=21230</p>
UH	Universität Hamburg	<p>Untersucht werden grundlegende Prozesse und Eigenschaften des Erdsystems, insbesondere in der Klima-, Meeres- und Biodiversitätsforschung. Die Erkenntnisse dienen u. a. dem Verständnis der Ursachen und der Entwicklung des Klimawandels sowie der Erhaltung natürlicher Lebensgrundlagen. http://www.uni-hamburg.de/</p>
Uni Hohenheim	Universität Hohenheim	<p>Bioökonomie ist das zentrale Thema einer gesamtuniversitären Neuausrichtung der Universität Hohenheim. Damit unterstützt die Universität mit ihrer vollen Forschungs- und Lehrkompetenz eines der zentralen Anliegen des Landes, des Bundes sowie der Europäischen Union und greift eines der drängenden gesellschaftlichen Themen auf. Mit dem Begriff Bioökonomie verbindet sich eine Wirtschaftsweise, die wissenschaftsbasiert, innovativ und nachhaltig ist. Die in Hohenheim vertretenen Wissenschaftszweige decken damit umfassend die wesentlichen Teile der Bioökonomie ab. https://www.uni-hohenheim.de/</p>
Uni Freiburg	Albert-Ludwigs-Universität Freiburg	<p>Das Land Baden-Württemberg fördert im „Forschungsprogramm Bioökonomie“ sieben wissenschaftliche Projekte an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. Die Forscherinnen und Forscher wollen mit ihren Ansätzen dazu beitragen, die nachhaltige und wirtschaftliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe zu verbessern. Der Förderzeitraum läuft von Juli 2014 bis 2017, für die Projekte an der Universität Freiburg stellt das Land insgesamt circa 1,6 Millionen Euro bereit. https://www.pr.uni-freiburg.de/pm/2014/pm.2014-08-06.83</p>
WI	Wuppertal Institute für Klima, Umwelt, Energie GmbH	<p>Das Wuppertal Institut verbindet in seiner Forschung Klima-, Umwelt- und Ressourcenaspekte und verknüpft ökologische Fragestellungen mit solchen des ökonomischen und gesellschaftlichen Wandels. Es richtet sich auf die Gestaltung von Übergängen ("Transitions") zu einer nachhaltigen Entwicklung. http://wupperinst.org/home/</p>

Abkürzung	Name	Kurze Beschreibung u. Link
WIP	WIP Renewable Energies	WIP is a SME whose mission is to bridge the gap between research and implementation of Renewable Energy systems. http://www.wip-munich.de/
ZEF	Zentrum für Entwicklungsforschung, Universität Bonn	ZEF has a long-standing research focus on soil and land, particularly in Central Asia and Africa. Research on the economics of land degradation has been added recently in the area of "land use and food security". http://www.zef.de

7.2.3 Netzwerke, Cluster und Weitere Einrichtungen

Tabelle 7.8 Netzwerke, Cluster und weitere Einrichtungen

Netzwerke, Cluster und weitere Einrichtungen	
Wirtschaftlicher Fokus	
Bundesverband BioEnergie e.V. (BEE)	Der Bundesverband BioEnergie e.V. (BBE) ist der Dachverband des bundesdeutschen Bioenergiemarktes. Er wurde 1998 gegründet, um der Vielfalt des Bioenergiemarktes mit all seinen Erscheinungsformen und Technologielinien im Strom-, Wärme- und Verkehrssektor gerecht zu werden. Zu den Stärken des BBE zählt die Einbindung einzelner Fachverbände und Unternehmen zu einem starken Netzwerk. Im BBE treffen sich die Experten und Entscheidungsträger einzelner Sparten, um politische und ökonomische Rahmenbedingungen zu bewerten, Handlungsbedarfe aufzuzeigen und gemeinsame Branchenpositionen abzustimmen. Der BBE trägt so zu einem ganzheitlichen Auftritt und einer einheitlichen Kommunikation der Bioenergiebranche gegenüber der Öffentlichkeit und der Politik bei. www.bioenergie.de
Verband der Deutschen Biokraftstoff-industrie e. V (VDB)	Seit 2001 vertritt der VDB die Interessen der deutschen Biokraftstoffindustrie auf nationaler und europäischer Ebene. Der Verband zählt derzeit 14 ordentliche und drei außerordentliche Mitglieder. Er vertritt rund 80 Prozent der deutschen Biodieselskapazitäten. Dem VDB stellen sich im Wesentlichen zwei Aufgaben: wettbewerbsorientierte Rahmenbedingungen mitzugestalten und die Branche nach Außen zu vertreten. Stellvertretend für die deutschen Biokraftstoffproduzenten sind deshalb Verbandsvertreter in ständigem Kontakt mit Mitgliedern des Bundestags und ihren Mitarbeitern, mit Ministeriumsmitarbeitern, Journalisten und mit Vertretern der Zivilgesellschaft, um die Positionen der deutschen Biokraftstoffindustrie zu kommunizieren. Wichtige Ansprechpartner für den Verband sind aufgrund der wachsenden Bedeutung der europäischen Gesetzgebung auch Mitglieder des Europäischen Parlaments und die Europäische Kommission. http://www.biokraftstoffverband.de
Agentur für Erneuerbare Energien e.V.	"Kompetente Ansprechpartner, sachkundige Pressereferenten und versierte Projektleiter – das sind wir, DIE Agentur für Erneuerbare Energien. Wir sind interdisziplinär und überparteilich. Wir sind engagiert. Wir sind professionell. Wir informieren, damit die Zukunft erneuerbar bleibt." http://www.unendlich-viel-energie.de
BioenNW (Bioenergy Support Center)	BioenNW unterstützt Organisationen dabei, die Möglichkeiten des wachsenden Bioenergie-Markts zu entdecken und eigene Bioenergie-Anlagen zu realisieren. Das Projekt BioenNW hat dabei vier Hauptziele: (1) Den Aufbau eines Netzwerks von Bioenergie Support Centern zum Verbreiten von Informationen und zur Unterstützung von Organisationen, Unternehmen und Behörden; (2) Die Einrichtung eines Entscheidungshilfeprogramms, um die Machbarkeit von Bioenergie-Projekten festzustellen; (3) Den Betrieb einer Demonstrationsanlage in kommerziellem Maßstab, die anaerobe Vergärung und Pyrolyse kombiniert, um mögliche Rohstoffe

Netzwerke, Cluster und weitere Einrichtungen	
	auf ihre Eignung zu überprüfen und die Erzeugnisse (Wärme, Strom, Gas, Biokohle, Biodiesel etc.) zu analysieren; (4) Die baureife Planung von fünf dezentralen Bioenergie-Anlagen – fertig zur Bauausführung durch einen Investor – und Entwicklungspläne für 20 weitere Bioenergie-Projekte. http://bioenergy-nw.eu/centre/izes-gmbh-kit/
Biogasrat	Der Biogasrat+ e.V. ist der Verband der führenden Unternehmen der Biogaswirtschaft und der dezentralen Energieversorgung mit der Geschäftsstelle in Berlin. Seine Mitglieder repräsentieren die gesamte Wertschöpfungskette der Biogas-/Biomethanbranche. Der Biogasrat+ e.V. ist im Sommer 2009 gegründet worden, und vertritt eine große und zunehmende Zahl führender Unternehmen, die die gesamte Wertschöpfungskette der Biogaswirtschaft repräsentieren. www.biogasrat.de
BioIndustry 2021: German Clusters in Joint Action for Industrial Biotechnology	In late 2008, the winners of the nationwide competition BioIndustry 2021 launched by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) set up the work group BioIndustry 2021. Its aim is to support the development of industrial biotechnology on a national as well as on an international level and to ensure Germany's leading position even beyond the five year funding period of "BioIndustry 2021". The work group wants to make the newly created value chains transparent in order to illustrate the advantages and the potential of industrial biotechnology. By synergies, the partners want to add value to the whole industry. http://bioindustry2021.eu/
Bioökonomierat	Der Bioökonomierat ist ein unabhängiges Beratungsgremium der Bundesregierung. http://www.bioekonomierat.de
Deutsche Industrie-vereinigung Biotechnologie (DIB)	The German Association of Biotechnology Industries (DIB) is the biotechnology arm of the Association of the German Chemical Industry Association (VCI), the VCI sector groups and the VCI sector associations. DIB represents the political-economic interests of companies using biotechnological methods. Goals of DIB are sustainable growth and the international competitiveness of biotechnology in Germany. DIB is a member of the European biotechnology association EuropaBio and on the EuropaBio board https://www.vci.de/DIB/Seiten/Startseite.aspx
Fachverband Biogas e.V.	Der Fachverband Biogas e.V. vereint bundesweit Betreiber, Hersteller und Planer von Biogasanlagen, Vertreter aus Wissenschaft und Forschung sowie Interessierte. Seit seiner Gründung im Jahr 1992 hat sich der Verband mit über 4.900 Mitgliedern zu Europas stärkster Organisation im Bereich Biogas entwickelt. Der Fachverband Biogas e.V. setzt sich durch intensive politische Interessenvertretung auf Bundes- und Länderebene für die verstärkte Nutzung der Biogastechnologie ein. Darüber hinaus fördert der Verband Erfahrungs- und Informationsaustausch im Biogasbereich. http://www.biogas.org
Förder-gesellschaft Erneuerbare Energien e.V. (FEE)	Die Fördergesellschaft Erneuerbare Energien e.V. (FEE) ist ein gemeinnütziges Innovationsnetzwerk für Dienstleistungen im Bereich der Erneuerbaren Energien. Die FEE vernetzt innovative klein- und mittelständische Unternehmen, renommierte Forschungseinrichtungen und technische Experten mit politischen Entscheidungsträgern. Besonders aktiv sind ihre Mitglieder in den aufstrebenden Bereichen der energetischen Verwertung von nachwachsenden Rohstoffen. http://www.fee-ev.de/
IBB Netzwerk GmbH	Die Industrielle Biotechnologie Bayern Netzwerk GmbH - kurz: IBB Netzwerk GmbH - wurde im Juni 2008 unter der Firmierung BioM WB GmbH gegründet, zum Zweck der systematischen Förderung der Industriellen Biotechnologie in Bayern. Die IBB Netzwerk GmbH ist Katalysator für die Umsetzung innovativer biotechnologischer Prozesse und Verfahren. Kernaufgabe ist die Zusammenführung von Partnern aus Großindustrie, klein- und mittelständischen Unternehmen (KMU) sowie Akademie, zur Durchführung gemeinsamer Projekte.

Netzwerke, Cluster und weitere Einrichtungen	
	http://www.ibbnetzwerk-gmbh.com
Spitzencluster BioEconomy	Der Spitzencluster „BioEconomy“ verbindet die für die BioÖkonomie relevanten Industriebereiche wie die chemische Industrie, die Papier- und Zellstoffindustrie, die Land- und Forstwirtschaft, die Energiewirtschaft sowie den Maschinen- und Anlagenbau in Mitteldeutschland und bildet erstmals die gesamte Innovations- und Wertschöpfungskette branchenübergreifend ab. http://www.ufz.de/index.php?de=21228
Vereinigung Deutscher Biotechnologie-Unternehmen (VBU)	Die VBU ist ein Zusammenschluss von Unternehmen und Institutionen, die in der Biotechnologie und verwandten Gebieten wie Pharma, Diagnostik, Medizin- und Labortechnik tätig sind. Als aktive Schnittstelle verbindet die VBU Unternehmen, wissenschaftliche Forschungseinrichtungen sowie Netzwerke und bildet eine Plattform für Kooperation, Kommunikation und Information. http://www.v-b-u.org/Start.html
Nachhaltigkeit und Ressourcenbasis der Bioökonomie	
Bioökonomie.de	Hierbei handelt es sich um eine Informationsplattform des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMF). Die Datenbank bietet einen umfassenden Überblick über regionale, nationale und internationale Fachverbände, Netzwerke und Forschung im thematischen Zusammenhang „Bioökonomie“. http://www.biooekonomie.de/BIOOEKO/Navigation/DE/Datenbank/vereine-verbaende-netze.html
Bioeconomy Science Center (BioSC)	Im Bioeconomy Science Center werden wissenschaftliche Kompetenz, Ressourcen und innovative Infrastrukturen als Basis für Forschung und Technologietransfer gebündelt. In der Forschung werden Synergien verwirklicht, integrative Ansätze und gemeinsame Technologieplattformen für die Mission Bioökonomie entwickelt und damit die Chance ergriffen, internationaler Innovationsführer in diesem Zukunftsfeld zu werden. Die RWTH Aachen, die Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf (HHUD), die Friedrich-Wilhelms Universität Bonn und das Forschungszentrum Jülich haben bereits heute herausragende Forschungsaktivitäten in zahlreichen Themenfeldern der Bioökonomie und bilden daher eine exzellente Forschungslandschaft in einem starken Bioökonomie-orientierten Industrieumfeld in Nordrhein-Westfalen. http://www.biosc.de/start
C.A.R.M.E.N. - Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk e.V.	C.A.R.M.E.N., das Centrale Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk e.V., wurde 1992 als Koordinierungsstelle für Nachwachsende Rohstoffe in Bayern gegründet und ist seit 2001 eine der drei Säulen des Kompetenzzentrums für Nachwachsende Rohstoffe mit Sitz in Straubing. Der gemeinnützige Verein mit 70 Mitgliedern aus allen Teilen der Wertschöpfungskette Nachwachsender Rohstoffe ist deutschlandweit eine gefragte Anlaufstelle für Informationen zur industriellen und energetischen Nutzung von Biomasse. www.carmen-ev.de
Deutscher Verband für Landschaftspflege	Wichtige Ziele des DVL sind die kooperative Umsetzung von Natura 2000, der Biodiversitätsstrategien des Bundes und der Bundesländer sowie der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie. Der DVL führt hierzu Modellprojekte durch, oft in Zusammenarbeit mit örtlichen Landschaftspflegeverbänden. Zudem ist er gutachterlich für die Ministerien von Bund und Ländern tätig. http://www.lpv.de/der-dvl.html
EVOLTREE - EVOLution of TREEs as drivers of terrestrial biodiversity	The overall goal of the Network is to link four major disciplines (Ecology, Genetics, Genomics and Evolution) to address global issues that European forests are currently facing as environmental changes, erosion of biodiversity. During the four years of the EU support EVOLTREE has developed the necessary experimental and monitoring infrastructures and created a wide range of physical and electronic resources on which long term research can build upon. The EVOLTREE network of excellence that was launched in April 2006 and financially supported by the European Union within the 6th framework programme. On 1st January 2011, the network was extended under the umbrella of the European Forest Institute's (EFI) network, with 23

Netzwerke, Cluster und weitere Einrichtungen	
	research groups in 13 European Countries. In January 2015, 12 new partners joined the consortium, bringing the total number of partners to 31 research groups in 22 European countries, as well as Israel. http://www.evoltree.org
Global Land Project	The Global Land Project is a joint research project for land systems for the International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) and the International Human Dimensions Programme (IHDP). The Global Land Project Science Plan represents the research framework for the coming decade for land systems. This development of a research strategy is designed to better integrate the understanding of the coupled human-environment system. These integrated science perspectives reflect the recognition of the fundamental nature of how human activities on land are affecting feedbacks to the Earth System and the response of the Human-Environment System to Global Change. The Global Land Project Science Plan has been defined by scientists sponsored by the IGBP and the IHDP. GLP has developed a Science Plan around three objectives: (i) To identify the agents, structures and nature of change in coupled socio-environmental systems on land and quantify their effects on the coupled system; (ii) To assess how the provision of ecosystem services is affected by these changes; and (iii) To identify the character and dynamics of vulnerable and sustainable coupled socio-environmental land systems to interacting perturbations, including climate change http://www.globallandproject.org/
Landscape Europe	LANDSCAPE EUROPE is an interdisciplinary network of national research institutes with expertise in landscape assessment, planning and management at the interface of policy implementation, education and state-of-the-art science in support of sustainable landscapes http://www.landscape-europe.net/
Naturschutz-bund Deutschland	Der Naturschutzbund Deutschland (NABU) e.V. möchte Menschen dafür begeistern, sich durch gemeinschaftliches Handeln für die Natur einzusetzen. http://www.nabu.de/
Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e. V.	Der Deutsche Bauernverband e. V. (DBV) und der Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter e. V. (BDP) haben im Jahr 1990 mit der Gründung der Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e. V., kurz UFOP, eine bis zu diesem Zeitpunkt einmalige Verbandsstruktur ins Leben gerufen. Alle an der Produktion, Verarbeitung und Vermarktung heimischer Öl- und Eiweißpflanzen beteiligten Unternehmen, Verbände und Institutionen sind unter dem Dach der UFOP versammelt. http://www.ufop.de
Modellierung der Bioökonomie	
IAMC Integrated Assessment Modelling Consortium	The Integrated Assessment Modeling Consortium (IAMC) is an organization of scientific research organizations that pursues scientific understanding of issues associated with integrated assessment modeling and analysis. http://www.globalchange.umd.edu/iamc/home/
Planetary Boundaries Research Network	PB.net is a research network that aims to deepen scientific understanding of the linked social and biophysical dynamics of the Earth system. PB.net coordinates diverse research efforts towards this goal, developing a shared knowledge platform for activities in scientific synthesis, research capacity building, and direct engagement with agents of change in global sustainability. http://www.pb-net.org/